<36636476700018

<36636476700018

Bayer. Staatsbibliothek

Phys. g. g.w. Muncke
304m - 1/2

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

<36636476700018

<36636476700018

Bayer. Staatsbibliothek

Anfangsgründe

der

NATURLEHRE

zum

Gebrauche academischer Vorlesungen

systematisch zusammengestellt

von

G. W. Muncke

Grofsherzoglich Badischem Hofrathe und Professor der Physik.

Erste Abtheilung.

Heidelberg 1819.

Neue Akademische Buchhandlung von Karl Groos.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Anfangsgründe

der

EXPERIMENTALPHYSIK

zum

Gebrauche öffentlicher Vorlesungen

systematisch dargestellt

von

G. W. Muncke

Grofsherzoglich Badischem Hofrathe und ordentl. öffentl. Professor der Physik in Heidelberg.

Mit fünf Tafeln in Steindruck.

Heidelberg 1819.

Neue Akademische Buchhandlung von Karl Groos.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Dem

achtzigjährigen Philosophen

Johann Georg Heinrich Feder

Königl. Hannöverischem Geheimen Justiz-Rathe
und Ritter des Guelfen-Ordens

meinem

Lehrer, vieljährigen Freunde und
Schwiegervater

zum Beweise vorzüglicher Hochachtung und Liebe

gewidmet.

Lafst uns gleich bey unserm Eintritt in das Gebiet der Naturkunde die Ueberzeugung festhalten, dafs wir nicht alles zu erklären vermögen.

BERZELIUS.

Vorrede.

Nur wenige Worte glaube ich vorausschicken zu müssen, indem ich dieses kleine Werk dem Publicum übergebe. Eine Entschuldigung, dafs ich die ohnehin grofse Zahl der schon vorhandenen, unleugbar vortrefflichen physicalischen Lehrbücher noch um eins vermehre, scheint mir ganz überflüfsig; denn derjenige, welcher alle Semester die Experimentalphysik vorträgt, hat gewifs nicht blofs die Befugnifs, sondern sogar wohl die Verpflichtung, hierbey ein eigenes Compendium zum Grunde zu legen, um seinen zahlreichen Zuhörern sowohl, als auch sich selbst den Vortrag und das Verstehen zu erleichtern.

Hinsichtlich der Sachen habe ich mich streng an die Erfahrung und die Resultate unzweifelhafter Versuche gehalten, gegen das Construiren der Systeme aber, vorzüglich durch blofse Speculation, sehr ernstlich erklärt. Sollte die Art der Aeufserung hierüber jemanden hart scheinen; so mufs ich bemerken, dafs die Geringschätzung, womit meistens die Anhänger solcher allgemei-

ner naturphilosophischer Systeme alle diejenigen behandeln, welche die Erfahrung als einzige Grundlage der Naturlehre ansehen, nothwendig fordert, seine Ueberzeugung, eines möglichen Geschreyes ungeachtet, mit Dreistigkeit auszusprechen, damit der Unkundige nicht verleitet werde, in der Schüchternheit des Ausdrucks einen Mangel der eigenen Gewiſsheit zu ahnden. Die Naturlehre im engeren Sinne ist ohnehin eine propädeutische Wissenschaft, und eröffnet das weitläuftige Studium der gesammten Natur und ihrer Gesetze, sie muſs daher Anleitung geben, wie die Beobachtungen angestellt, und wahre Resultate durch richtige Schlüsse aus ihnen abgeleitet werden sollen, so daſs es durchaus nachtheilig ist, ihren Standpunkt in Voraus zu verrücken und ihren eigentlichen Nutzen gleich im Anfange durch die Sucht nach scheinbar glänzenden Speculationen wieder aufzuheben, welche nach der Erfahrung aller Zeiten niemals zu irgend einem ersprieſslichen Resultate geführt haben. Alles Dunkele, Mystische und Unverständliche, welches einer neuen Sprache und neu geschaffener Ausdrücke für die Mittheilung bedurfte, ist, ohngeachtet der groſsen Bewunderung desselben bey den Zeitgenossen jederzeit bald untergegangen, während alle klaren, einfachen und ungesucht kunstlos dargestellten Resultate der Forschungen des menschlichen Verstandes einen bleibenden Werth behalten haben.

Ueberhaupt kann niemals etwas, was nicht deutlich verstanden und völlig begriffen ist, von practischem Nutzen seyn, und noch nie wurde wohl das Bedürfniſs des ruhigen Nachdenkens, besonnenen Prüfens und richtigen Urtheilens lebhafter empfunden als gegenwärtig. Aus allen diesen Gründen habe ich mich eifrig bemühet, die Naturgesetze nach ihrem inneren Zusammenhange zu entwickeln und in logischer Ordnung zusammenzustellen, wodurch zugleich unfehlbar die Uebersicht des Ganzen und die Prüfung der Schluſsfolgerungen erleichtert wird.

Eine möglichst vollständige Darstellung des gegenwärtigen Zustandes des bearbeiteten Zweiges der Naturwissenschaften habe ich zu erreichen gesucht, so weit die compendiarische Kürze damit verträglich ist, denn die letztere war ein vorzügliches Ziel meines Strebens, weil nach meiner innigen Ueberzeugung ein Compendium nie zu kurz seyn kann. Mehrere völlig ausgemachte Sätze, allgemein bekannte Versuche und überall vorhandene Maschinen sind daher bloſs kurz angedeutet, um dem Lehrer Veranlassung zur Erläuterung, dem Zuhörer aber zur Erinnerung an den mündlichen Vortrag zu geben. Bloſs in denjenigen Fällen, wo meine Ansichten von den herrschenden abweichen, oder der Gegenstand noch streitig ist, muſsten die Gründe und die beweisenden Versuche ausführlicher dargelegt werden. Auſserdem habe ich den Raum durch Ab-

kürzung mancher Worte und vorzüglich der Citate zu sparen gestrebt, welche letzteren ich nicht unnöthig gehäuft, aber doch in hinlänglicher Zahl hinzugefügt habe, um das Nachforschen in einzelnen Lehren und die Bearbeitung derselben einzuleiten. Die beyden Werke, welche ich des reichen Inhalts wegen am meisten citiren mufste, Biot's gröfsere Physik und die Gilbertschen Annalen, habe ich daher ersteres durch Biot, letztere schlechthin durch G. bezeichnet. So weit es geschehen konnte sind die angeführten Stellen aufs Neue nachgesehen, und bey weitem die meisten werden daher richtig seyn. Bey einigen dagegen mufste ich mich auf frühere Collectaneen verlassen, und überhaupt will ich die Schwäche nicht verhehlen, dafs ich bey grofser Aufmerksamkeit auf die Sachen die Stellen, wo ich dieselben gefunden, mitunter leichter verwechsele. Solche und andere Mängel, vor denen auch der Beste nicht völlig gesichert ist, werde ich, auf welche Weise sie zu meiner Kenntnifs kommen, bey einer zweyten Auflage gern verbessern. Dafs ich mich bestrebt habe, dieser an sich unbedeutenden Arbeit den möglichsten Grad der Vollendung selbst hinsichtlich des Ausdruckes zu geben, versteht sich wohl von selbst, und ich habe mir, wie billig, hierzu die erforderliche Zeit genommen. Dennoch aber hinderten mich unverhoffte Amtsgeschäfte, die letztere Hälfte des Manuscriptes so oft zu revidiren, als ich sonst zu

thun pflege, welches übrigens hoffentlich keine wesentlichen Mängel nach sich gezogen hat. Nach dem Abdrucke ist mir nichts zu verbessern aufgefallen, aufser einige Druckfehler im ersten Bogen, dessen Revision ich zufällig nicht selbst besorgen konnte, z. B. p. 7 sollten die Worte: Beweise aus Induction mit der kleinen Schrift der Noten unter dieselben gedruckt werden. p. 12 Z. 15 lies Regiomontanus, Z. 16 Cusa. p. 14 Z. 2 mufs eine römische II. statt 11 stehen. Z. 2 v. u. J. T. Mayer statt T. Mayer, und einige andere, welche leicht zu verbessern sind. Am meisten den Sinn entstellend ist, dafs p. 237 Z. 11 hinter: nicht, das Wort: frey, fehlt, überhaupt aber drücken die drey Zeilen die angeregte Sache bey weitem nicht genügend aus, und wären besser ganz weggeblieben. Aufserdem war mir Tillochs phil. magazine blofs bis zum Jahre 1814 bekannt, und seit dem Jahre 1817, ohne dafs ich von dem ununterbrochenen Fortgange dieses Journals Kenntnifs erhalten konnte, weswegen die Angabe p. 17 dahin verbessert werden mufs, dafs dasselbe unter dem früheren Titel ohne Unterbrechung fortgesetzt ist. Die wesentlichsten früheren Arbeiten habe ich alle zu benutzen gestrebt, namentlich die in der vorangehenden Literatur namhaft gemachten; das kürzlich erschienene Werk von Beudant aber, welches nach allen Nachrichten vortrefflich seyn soll, konnte ich bis jetzt leider noch nicht erhalten.

Vorerst liefere ich hiermit die Experimentalphysik als ersten Theil der Naturlehre unter einem besonderen Titel und abgesondert verkäuflich. Verstatten es meine überhäuften Geschäfte, so werde ich in diesem Winter auch die zweyte Abtheilung gleichfalls unter einem besonderen Titel und einzeln verkäuflich nachliefern, welcher die Elemente der physischen und mathematischen Geographie und Atmosphärologie auf etwa zwölf Bogen enthalten soll, um hiermit das Ganze zu umfassen.

Heidelberg im July 1819.

Der Verfasser.

Vorläufige Bestimmungen.

§. 1.

Naturlehre heifst die Lehre von der Natur oder der Unterricht über dieselbe, und bezieht sich hiernach auf die ganze sinnlich wahrnehmbare Welt.

Vieldeutigkeit des Wortes Natur. Die natura naturata; natura naturans der Scholastiker.

§. 2.

Im weitesten Sinne des Wortes zerfällt dieselbe in zwey Theile, einen historischen und einen philosophischen. Jener begreift die Kenntnifs der Natur in ihren einzelnen Theilen, und fafst die sphärische Astronomie, physische Geographie, Geognosie und die sogenannte Naturgeschichte in sich, welche letztere wieder in Zoologie, Botanik und Mineralogie eingetheilt wird. Dieser dagegen untersucht die Veränderungen in der gesamten Körperwelt nebst den Ursachen und Gesetzen, wodurch sie hervorgebracht werden. Hierunter gehören die physische Astronomie, die sogenannte Physik (Naturlehre im engeren Sinne), Chemie und Physiologie.

Anderweitige Unter- und Nebenabtheilungen lassen sich leicht erklären und mit dem gewählten Haupteintheilungsgrunde leicht in Verbindung bringen.

§. 3.

Wegen des nahen inneren Zusammenhanges aller dieser einzelnen Theile können sie nicht in

dem Verhältnisse von Haupt- und Hülfswissenschaften zu einander stehen, sondern sie unterstützen und befördern einander wechselseitig.

§. 4.

Einer der vorzüglichsten Theile dieser wissenschaftlichen Disciplinen ist die Naturlehre im engeren Sinne, oder die Physik nach der einmal angenommenen Bedeutung dieses Wortes. Sie untersucht die allgemeinen Gesetze, nach welchen, und die Ursachen, durch welche alle Veränderungen in der Körperwelt (Natur) hervorgebracht werden. Obwohl nun hierbey die historische Kenntnifs der Naturkörper und der Naturphänomene vorausgesetzt wird, so kann man doch nicht wohl umhin, diese letzteren theils zu erzählen, theils im Kleinen nachzumachen, um die Gesetze aus den Erscheinungen zu entwickeln.

Es mufs allezeit berücksichtigt werden, was eine Wissenschaft eigentlich seyn und werden soll, nicht aber blofs, was sie schon geworden ist. In der ersten Hinsicht ist sie das kräftigste Beförderungsmittel des Forschens und der angestrengtesten Geistesthätigkeit; in der letzteren könnte sie leicht zu einer blofsen Gedächtnifssache herabsinken. Alle unsere wissenschaftlichen Disciplinen machen gegenwärtig auf ein fortgesetztes tieferes Forschen Anspruch und namentlich die naturwissenschaftlichen, bey denen selbst die wesentlichsten Phänomene weder alle, noch mit gehöriger Sicherheit erkannt sind.

§. 5.

Die Naturlehre im engeren Sinne zerfällt wieder in zwey Haupttheile. Im ersteren sucht man das eigentliche materielle Object der gesammten Körperwelt und die allgemeinen Gesetze aller Veränderungen in derselben aus den Naturerscheinungen selbst und aus ihren mannigfaltigsten Modificationen zu entwickeln. Wir nennen sie

von der grofsen Zahl der unentbehrlichen Versuche Experimentalphysik. Im andern beobachtet man die Naturerscheinungen mehr im Grossen, und sucht die allgemeinen Gesetze auf dieselben anzuwenden, als aus ihnen erst zu entnehmen. Wir nennen sie angewandte Physik, und begreifen darunter die physische Astronomie, die Theorie der Erde und der Atmosphäre.

Man unterscheidet oft theoretische und Experimentalphysik. Diese Trennung ist in sofern nicht ganz zweckmäfsig, als die Physik ihrem hauptsächlichen Charakter nach eine Erfahrungswissenschaft ist und nur ein Ganzes ausmacht. Dafs wir die Erscheinungen wissenschaftlich ordnen, unter allgemeine Gesetze vereinigen, und hierdurch eine Theorie derselben begründen oder zu begründen streben, berechtigt zu keinem besonderen Ausdrucke, indem solche abstracte Untersuchungen bey allen Wissenschaften mit und neben ihren practischen Anwendungen bestehen, ohne eine besondere Abtheilung zu bilden. Die vielen und ganz unentbehrlichen, entweder anzustellenden oder zu erzählenden Experimente berechtigen vollkommen zu dem Ausdrucke: Experimentalphysik; der Ausdruck: theoretische Physik könnte ohnehin leicht auf Mifsdeutungen führen.

Das Verhältnifs der Experimentalphysik zur allgemeinen Chemie ist anscheinend schwer zu bestimmen. Wollen wir die allgemeinen Gesetze der Naturphänomene kennen lernen; so ist eine Kenntnifs der einfachen Bestandtheile aller Körper, oder der Grundstoffe unentbehrlich, und hiernach scheint das Studium der Chemie vorangehen zu müssen. Weil aber diese letztere die verschiedenen Kräfte der Natur, insbesondere die Inponderabilien zu ihren Operationen nicht entbehren kann, vielmehr eine Kenntnifs derselben und der Art ihrer Anwendungen voraussetzt, so führt dieses auf eine ganz entgegengesetzte Regel, schon deswegen, weil das Allgemeine vor dem Besonderen vorausgehen mufs. Das Wahre hierbey ist wohl, dafs beyde weitläuftige Wissenschaften stets nebeneinander gehen und sich wechselseitig unterstützen werden. In Rücksicht auf den academischen Cursus mufs aber ohne Streit die Physik, vorzüglich aus dem letztgenannten Grunde, vorangehen, und einen kurzen Abschnitt über die einfachen Bestandtheile der Körper mit aufnehmen (Biot. 8 sagt: C'est ainsi, que

l'étude de la physique est utile à la chimie, à la médecine, à la physiologie, soit végétale, soit animale, et doit nécessairement les précéder.)

Das Studium beschränkt sich jetzt meistens nur auf die Experimentalphysik. Mir scheint, nach einigen vorangehenden allgemeinen Kenntnissen der Naturgesetze das Studium der angewandten Physik eben so interessant und wichtig, als jenes.

§. 6.

Da das Object, womit sich die Naturlehre beschäftigt, nicht a priori gegeben ist, mithin nicht aus allgemeinen Begriffen erkannt werden kann (nicht metaphysisch ist), so müssen wir dasselbe zuförderst durch sinnliche Wahrnehmung kennen zu lernen suchen. Dieses geschieht durch Beobachtungen und durch Versuche. Die ersteren sind entweder einfach, oder zusammengesetzt, mit freyen oder bewaffneten Sinnen angestellt; Letztere erfordern eine Menge paſslicher Werkzeuge, welche zusammen einen physicalischen Apparat ausmachen. Beyde sind nur dann nützlich, wenn sie mit Genauigkeit, Freyheit von Vorurtheil und ächt wissenschaftlichem Sinne gemacht werden.

Man hat die Frage aufgeworfen, ob Erfahrungen zur Auffindung der Naturgesetze wesentlicher wären, oder Versuche. Es leidet wohl keinen Zweifel, daſs beyde unentbehrlich sind.

Da die Geschichte der naturwissenschaftlichen Forschung beweiset, daſs kaum etwas denkbar ist, was nicht jemals als das Resultat der Beobachtungen und Versuche angegeben wurde, so sieht man hieraus klar, wie nothwendig es ist, sich vor Täuschung zu hüten. In der Regel wird man bey groſser Lebhaftigkeit und vielem Interesse für eine Sache sie allezeit so finden, als man im Voraus sie zu finden glaubt. Aus vielen Gründen ist ein gemäſsigter Skepticismus für den Naturforscher unentbehrlich.

So wie man früher die seltenern Naturerscheinungen für Spielereyen einer in der Natur thätigen Kraft hielt (lusus naturae), so richtete man auch die Apparate

mehr zur Belustigung, als für die wissenschaftliche Forschung geeignet ein. Man ist gegenwärtig hiervon zurückgekommen, und strebt blofs nach Einfachheit, Genauigkeit und Zweckmäfsigkeit der Werkzeuge.

§. 7.

Wenn man die Resultate aller mit gröfster Genauigkeit angestellter Beobachtungen und Versuche zusammenstellt, und aus ihnen die allgemeinen Gesetze der Natur entwickelt, letztere alsdann nach ihrem rationalen Zusammenhange mit Beseitigung alles inneren Widerspruches zu vereinigen sucht; so heifst dieses Philosophie der Natur, oder Naturphilosophie. Um aber hierbey theils eine festere Bestimmtheit vorzüglich der Zahlengröfsen zu erreichen, theils da, wo die anschaulichen Begriffe bey der Betrachtung des Unendlichen in der Natur schwinden, und die Menge der zu vereinigenden Thatsachen nicht mehr vom Verstande umfafst werden kann, wenigstens die Hauptresultate der Beobachtungen im einfachsten Ausdrucke festzuhalten, bedient man sich der Mathematik, welche als solche neben der Logik die einzige Hülfswissenschaft der Naturforschung im Allgemeinen, hauptsächlich aber der Physik genannt werden mufs.

Naturphilosophische Versuche, d. h. Bemühungen, die Gesamtheit der Naturerscheinungen unter allgemeine Gesetze zu ordnen, sind so alt, als die Wissenschaft ist, weil sie mit den menschlichen Denkgesetzen sehr nahe verwandt sind. Die aufgebaueten Systeme waren aber jederzeit der Summe der bekannten Thatsachen angemessen, und daher oft sehr mangelhaft, z. B. die Theorie der Jonischen Schule und die von Leucip und Democrit erfundene Atomenlehre. So wie die Menge der bekannten Thatsachen gröfser, und nach der erkannten Wichtigkeit derselben das Bestreben, sie zu erklären, reger wurde, vermehrten sich in einem gleichen Mafse auch die Schwierigkeiten, ein den Phänomenen genau angemessenes System zu begründen. Weigerte sich der

menschliche Verstand sein Unvermögen, das Unendliche der Natur in deutlicher Vorstellung zu umfassen, offen zu bekennen, wirkte insbesondere äufserer Druck und die Beschränkung der politischen und Denk-Freyheit dazu, dafs für den Verlust mancher äufseren Rechte ein Ersatz in dem Vermögen, alles zu erkennen und alles zu erklären gesucht wurde, so artete die Naturphilosophie in eine Afterphilosophie aus, wobey der menschliche Verstand wenigstens die Gegenstände alles Wissens in sich selbst, wie in einem Spiegel lesen wollte, oder gewisse dunkle Ausdrücke und Bilder mit der Behauptung verkettete, dafs dieses die eigentliche Erklärung aller Erscheinungen der Sinnenwelt sey. Hieraus entsprangen die zahlreichen Aftergeburten des menschlichen Verstandes, als Cabbala und Mysticismus, die Lehre vom Macrocosmos und Microcosmos und sonstige Verirrungen der Neuplatoniker und Gnostiker, die qualitates occultae der Scholastiker, magnetische Polarität der Menschen und Thiere, Siderismus, Rhabdomantismus, und die mit Physik, Physiologie und Psychologie im Widerspruche befindlichen Behauptungen über den animalischen Magnetismus. Ein Muster ächter Naturphilosophie bleiben dagegen immer Newtons Principien. Mehrere nach ihm flochten einige mathematische Bezeichnungen, Bruchstücke der von ihm gebrauchten Hülle zu einem Ganzen zusammen, und glaubten damit die Sache selbst gegeben zu haben. Der bescheidene und gründliche Forscher wird bey der Vermehrung seiner Kenntnisse die Summe der Schwierigkeiten stets wachsend finden, und die Hoffnung, alles zu erklären immer mehr verlieren. Es frägt sich dabey, ob der endliche Verstand das Unendliche der Natur schon hier zu fassen nicht etwa vermögend sondern überhaupt bestimmt sey.

Es leuchtet von selbst ein, dafs der mathematische Weg der Beobachtung (ein Ausdruck dessen sich einige bedienen) oder mathematische Naturforschung nicht als etwas für sich Bestehendes anzusehen ist. Die Mathematik an sich kann die Natur nicht erforschen, und sie hat ihr Eigenthümliches blofs in einer ganz individuellen Sprache und Bezeichnungsart, welche nebst der Methode und Form in der Verbindung der Begriffe sich durch eine, keiner sonstigen wissenschaftlichen Disciplin eigene Kürze und Bestimmtheit auszeichnet, worauf ihr Werth ganz eigentlich beruhet.

§. 8.

Die eigenthümliche Beschaffenheit der zu untersuchenden Objecte und unserer Denkgesetze bringt es bey diesen, wie bey vielen anderen Forschungen mit sich, dafs die einzelnen Erfahrungen fast jederzeit sofort zu einem Systeme geordnet werden. Man nennt dieses dann eine Hypothese, deren Zulässigkeit auf ihrer inneren Uebereinstimmung beruhet. Sie wird durch jede neu entdeckte Thatsache geprüft, und entweder bestätigt, oder modificirt oder widerlegt.

Ueber die Zulässigkeit der Hypothesen im Allgemeinen kann nicht gestritten werden, da ihre Nothwendigkeit aus ihnen selbst folgt. Ihr Werth ist indefs aufserordentlich verschieden, so wie das Talent der einzelnen Menschen in ihrer Erfindung, und im glücklichen Combiniren.

Beweise aus Induction.

§. 9.

Das Studium der Natur ist nothwendig, weil wir Menschen als Bewohner der Erde im Allgemeinen und durch eine unglaublich grofse Zahl von Bedürfnissen in engster Verbindung mit derselben stehen. Mit der Vermehrung der einen wie der andern, welche in zunehmender Progression, vorzüglich in den neueren und neuesten Zeiten gestiegen ist, wächst die Nothwendigkeit der Naturforschung in gleichem Mafse, um hierdurch stets neue Hülfsmittel für das Leben und den Unterhalt der Erdenbewohner zu gewinnen. Jemehr das Studium der Natur zugenommen hat, um desto vollkommener ist der Nutzen desselben in dieser Hinsicht bestätigt, und wird sich noch ferner bestätigen. Man kann diesen Nutzen den objectiven nennen.

Die Anwendung der Naturlehre auf Schiffarth, Handel, Technologie, Agricultur, Oeconomie und Fabrikenwesen ist so allgemein und vielfach, daſs es ganz überflüſsig seyn würde, eine so bekannte Sache durch Beyspiele zu erläutern. Eben so leicht fällt die Nothwendigkeit der Naturforschung als Vorbereitung, wo nicht Grundlage des medicinischen Studiums von selbst in die Augen.

§. 10.

Auſser dieser Nothwendigkeit des Studiums der Natur und auſser seinem objectiven Nutzen ist noch der subjective Werth desselben, hinsichtlich der Schärfung des Nachdenkens vorzüglich schätzbar. Ueberhaupt giebt es wohl keine Wissenschaft, welche als Uebung des Verstandes und der Denkgesetze, als Verwahrungsmittel gegen Aberglauben und Irrthum, und zur Beförderung ächt religiöser Empfindungen der Naturlehre vorzuziehen wäre.

Schon die Forderung anhaltender Beobachtung schärft die Aufmerksamkeit auf alles was um uns vorgeht; die Erfahrung oftmaliger Täuschung lehrt Behutsamkeit und Vorsicht; die immer neuen Schwierigkeiten, verbunden mit unfehlbar erhaltenem jedesmaligen Gewinne, erhöhen das Interesse, und beyde vermehren den Eifer und die Anstrengung. Hat man jederzeit den groſsen Nutzen der Mathematik als Verstandesübung anerkannt, so darf nicht übersehen werden, daſs die Physik sich ganz eigentlich der mathematischen Methode bey ihren Forschungen bedienen muſs. Wenn sie daher schon im Allgemeinen als propädeutisches Studium vorzüglich empfehlenswerth ist, so dient sie als solche vorzugsweise dem Mediciner, um sich schon früh im Beobachten der Erscheinungen, und im richtigen Schlieſsen von dem Wahrgenommenen auf die Ursachen desselben zu üben.

Nichts aber dient so sehr dazu, in uns die gehörige Bescheidenheit in Verbindung mit einem wohlgeregelten Gefühle unserer Menschenwürde zu wecken und zu erhalten, und überhaupt das eigentliche Verhältniſs, worin wir zu der Auſsenwelt und zu ihrem Urheber stehen,

richtig zu bestimmen, als eine ächt philosophische Kenntnifs der Natur und ihrer Gesetze. Der menschliche Verstand findet hierbey im Grofsen wie im Kleinen die Unendlichkeit, welche er zwar nicht ergründen kann, wodurch er aber stets überzeugt wird, dafs auch er für die Unendlichkeit bestimmt ist. Endlich aber haben alle Stifter und Begründer der verschiedensten Religionen, von den Anbetern der Sonne, des Mondes, des Donnergottes u. s. w. bis auf den göttlichen Stifter derjenigen Lehre, wozu wir uns bekennen, die Natur selbst als vorzüglichste Quelle der Erkenntnifs Gottes empfohlen, und schwerlich wird jemand mit reinem und unbefangenen Sinne in das Universum blicken, ohne dafs sein religiöses Gefühl erhöhet und befestigt werde.

§. 11.

In der Bearbeitung der Naturwissenschaften sind jederzeit so viel stärkere Fortschritte gemacht, je mehr man Beobachtungen anstellte, und je höher unpartheiische Forschungen mit Ausschlufs einer blofs leeren Speculation geschätzt wurden. Die Astronomie erforderte diese Methode fast ausschliefslich, und ist daher am frühesten und am gründlichsten bearbeitet, als noch die übrigen Theile der Naturwissenschaften im Dunkeln lagen, oder aus Systemen bestanden, welche auf ganz sinnlosen oder naturwidrigen Hypothesen gegründet waren.

Man sucht meistens das Alter der Wissenschaften recht hoch hinaufzusetzen, und findet daher die ersten Spuren der Naturkunde schon in der Wiege des Menschengeschlechts. Sofern von einer Kenntnifs der Naturkörper, wie die Befriedigung der nothwendigsten Bedürfnisse des Lebens sie herbeyführt, die Rede ist, kann dieses zugegeben werden. Verlangt man aber eine wissenschaftliche Bearbeitung derselben, wie es eigentlich seyn mufs, so fängt diese viel später an, und ist wegen eines eigenthümlichen Hanges der Alten, vorzüglich der Griechen, zur Speculation ohnehin nicht sehr bedeutend. Bey den Indiern sind schwerlich die ersten Spuren tieferer Kenntnisse anzutreffen. Die Aegyptier haben wahrscheinlich schon vor der Einwanderung der Israeliten

genaue astronomische und auch solche Erfahrungen in der Naturlehre gehabt, als ihre über das Mittelmäſsige hinausgehende Kenntniſs der Baukunst, Technologie und Agricultur unentbehrlich machte. Sie sind in der Hieroglyphensprache gröſstentheils untergegangen. Die Israeliten haben viel weniger als die Phönizier diese Zweige bearbeitet, und die Griechen bey weitem nicht so viel geleistet, als ihnen möglich gewesen wäre, wenn sie die viele Gelegenheit zum Beobachten hätten benutzen wollen. Was von den frühesten Bewohnern Italiens zu halten sey, ist in der Dunkelheit der Geschichte dieser ältesten (vielleicht germanischen) Völker verborgen; gewiſs aber ist, daſs wir ihren Unterdrückern, den Römern, keine eigenen Forschungen verdanken. Im Mittelalter gingen alle Wissenschaften unter, und wurden bloſs bey den Arabern in schwachen Spuren erhalten.

Zuerst erstand die Astronomie mit neuem Leben aus den geringen Resten mathematischer Kenntnisse, welche sich beym Untergange des oströmischen Kaiserthums nach Italien geflüchtet hatten. An diese wurden almälig die einzelnen Zweige geknüpft, und gleich als wenn mehrere Völker diese groſse Ehre theilen sollten, stellten sie nach einander in Copernicus, Galilei, Kepler, Cartesius und Newton unvergeſsliche Coryphäen auf. Der Glanz des letzteren verscheuchte die Finsterniſs gänzlich, alle Zweige der Naturwissenschaften wurden mit Eifer bearbeitet, und machten Fortschritte; am spätesten die Chemie, welche indeſs zuletzt die übrigen bald wieder einholte.

Die ältesten Philosophen der Griechen waren Naturphilosophen, deren scharfsinnige Theorieen keinen reellen Werth für die Wissenschaften hatten, weil sie nicht von Beobachtungen ausgingen. Hieraus erklärt sich, warum die Geschichte der Physik in jenen Zeiten mit der Geschichte der Philosophie zusammenfällt. Die ausgezeichnetsten, uns noch jetzt bekannten Männer waren Thales von Milet (c. 610 v. Ch.) nebst den Führern der Jonischen Schule, Anaximander (c. 615.) Anaximenes (c. 550.) Pherecydes (c. 530.) Hermotimus und Anaxagoras (c. 474.) beyde von Klazomenä. Jener gelangte zu seinen Kenntnissen in Aegypten, eben wie der noch berühmtere Pythagoras (c. 550 v. C.) und seine Schüler Empedocles (c. 442) und Archytas (c. 399). Weil eine die Beobachtungen entbehrende Naturphilosophie den menschlichen Geist auf die Dauer nicht befriedigen konnte, so artete sie durch Heraclitus (c. 502) und Parmeni-

des (c. 434), den Nachfolger des Xenophanes (c. 584), welcher die Eleatische Schule stiftete, in Idealismus, durch Zeno von Elea (c. 450) in dialectischen Skepticismus aus. Beyde veranlaſsten den nach seinem Erfinder Pyrrho (c. 336) benannten Pyrrhonismus. Ganz diesem entgegengesetzt gründeten Leucip (c. 502) und Democrit (c. 420) den gröberen Atomismus, worauf man über diese Gegenstände zu philosophiren aufhörte, bis die Wissenschaft von den Schülern des Socrates, Plato (409 — 328) und Aristoteles (364 — 301) auf eine ganz verschiedene Weise wieder emporgebracht wurde. Nebenher blühete ein gründlicheres Studium der Astronomie und Mathematik. Hierin zeichneten sich aus Meton und Euctemon (c. 409) Eudoxus (c. 366) Callippus (c. 330) Euclides (c. 300) Aristarch von Samos (c. 230) Aratus und Eratosthenes (c. 270) Hero Ctesibius und Alexandrinus (c. 220) Archimedes (287 — 212) Apollonius von Perga (c. 244) Hipparch (c. 160) und einige aus der alexandrinischen Schule, als Sosigenes (c. 60) Menelaus (c. 98 n. C.) Theodosius aus Tripolis (c. 65. n. C.) Theon aus Smyrna (c. 115 n. C.) vorzüglich aber Claudius Ptolemäus (c. 150 n. C. G.) bis auch dieser Zweig mit Theon von Alexandrien (365 n. C.) und seiner gelehrten Tochter Hypatia unterging.

Neben der herrschenden Schule der Peripatetiker ging der Atomismus des Democrit durch Epicur (345 — 274) in verbesserter Gestalt wieder hervor und wurde durch Lucretius Carus (94 — 51) sinnreich bearbeitet. Bey den Römern wurzelten die eroberten Wissenschaften nicht tief, und Marcus Manilius, Seneca (2 — 66 n. Ch.) so wie Plinius (23 — 79 n. Ch.) waren daher mehr Compilatoren als Forscher. Desto mehr fand der Aberglaube Eingang, so daſs Diocletian (296 n. Ch.) alle ägyptischen Bücher alchemischen Inhalts zu verbrennen befahl. Im Mittelalter entdeckt man nur schwache Spuren des physicalischen Studiums bey den Griechen (des Anthemius Brennspiegel c. 500 und das griechische Feuer des Callinicus c. 600) bey den Arabern (die Optik des Alhazen c. 1100 und die chemischen Schriften des Dsafar oder Geber † 765 Ebn Zohr † 1168 Abulcasem † 1122 und Ebn Roschd † 1206) imgleichen bey den Persern und Usbekischen Tataren (die astronomischen Bemühungen des Nasireddin † 1244 Ulugh-Beigh † 1450). Einige Bruchstücke kamen von dorther auch zu den Occidentalen (Agobard † 840 Alfons x † 1284 Gerbert † 1003 Roger Baco † 1284 Albertus Magnus † 1280 Frater Theodoricus

de Saxonia c. 1310 Raymundus Lullus c. 1300 Alexander de Spina, Erfinder der Brillen 1313 und Flavio Gioga aus Amalfi c. 1300, Erfinder oder Verbesserer der Magnetnadel, welche die Chinesen schon 1100 J. v. Ch. gekannt haben sollen. S. Hager memor. sulla Bussola orient. cet.)

Vom 15ten sec. an erhoben sich zuerst die mathematischen, dann die astronomischen und Naturwissenschaften mit verjüngter Kraft, und seitdem sichern insbesondere die letzteren durch ihre innige Verbindung mit dem Leben, so wie durch die eigene Gröfse und Unvergänglichkeit des Objectes, worauf sie gerichtet sind, gegen einen gänzlichen Rückfall der Cultur. Unter denen, welche als vielseitig gebildete Gelehrte das Studium der Mathematik beförderten, verdienen Bessarion (1395 — 1472) Regio montanus (1436 — 1475) Purbach (1423 — 1451) Nicolaus de Casa (1401 — 1464) u. a. vorzüglich genannt zu werden. Einige pythagoräische Ideen von der Sonne im Mittelpunkte ihrer Planeten führten Nic. Copernicus (1472 — 1543) zur Gründung seines Systems. Dieses munterte Tycho de Brahe (1546 — 1601) zu seinen zahlreichen Beobachtungen auf, wobey er durch Friedr. II. von Dänemark freygebig unterstützt wurde. Kepler (1571 — 1630) berechnete sie so lange, bis er seine berühmten Gesetze, die Grundpfeiler der physischen Astronomie aus ihnen entwickelte. Schon früher entdeckte und rügte Bernhardin Telesius aus Cosenza (1508 — 1588) die Schwächen der aristotelischen Naturlehre. Galileo Galilei (1564 — 1641) aber kam auf dem Wege der Beobachtung und einer tiefen Speculation zur Auffindung des richtigern Gesetzes der Schwere, worin Evangelista Torricelli (1618 — 1647) und Pascal (1625 — 1662) ihm folgten. Gleichzeitig hiermit drang durch überlegene Geisteskraft geleitet Franz Baco von Verulam (1560 — 1626) auf Verbesserung der Form, namentlich auf Forschung der Natur durch Beobachtung und Calcül, und wenn gleich Renatus Cartesius (1596 — 1650) sich in unhaltbare Hypothesen verlor, so weckte doch sein Scharfsinn die Aufmerksamkeit der bessern Köpfe, und seine Methode stellt ihn an die Spitze der mathematischen Physiker, worin Mersenne (1588 — 1648) und Huyghens (1624 — 1695) seine berühmtesten Schüler sind.

Die Philosophie des Cartesius hatte den menschlichen Geist geweckt, und als nun die Erfindung des Barometers (1645) des Fernrohrs (1610) und des Microscops (c. 1620) zur Beobachtung ermunterte, so erhielt das Studium der Natur eine Festigkeit, welche selbst

durch die Stürme des dreyſsigjährigen Verheerungskrieges nicht zertrümmert werden konnte. Hierzu wirkten Otto von Guericke (1602—1686) Mariotte, Robert Boyle (1626—1691) desgleichen Athan. Kircher, Caspar Schott, Bapt. Porta, und von der Mitte des 17ten sec. an Harvey, Schwammerdam, Leeuwenhoek, Malpighi, Bidloo, Sydenham, Gassendi, Baliani, Borelli, Hooke u. a. bis Isaac Newton's (1642 — 1727) überlegener Geist ein neues System schuf, welches vielleicht für immer die Grundlage ächter Naturforschung bleiben wird. Lange Zeit hielt man sich in Materie und Form bloſs an ihn (s' Gravesande Desaguliers, Musschenbroek, Christ. Wolf) während Leibnitz (1646 — 1716) nach langem Streite der Schiedsrichter mit ihm den Preis des gröſsten Scharfsinnes theilte, der Idealismus und Skepticismus (Malebranche, Berkeley, Spinoza, Hume) aber die Nichtigkeit der bloſsen Speculation klar vor Augen legten.

Erst in der Mitte des 18ten sec. wurde Kenntniſs und Studium der Natur allgemein verbreitet, und machte durch die groſse Zahl der täglich vermehrten Erfahrungen Riesenschritte. Die Bahn der experimentellen Forschung brachen Cavendish, Priestley, Wilke, Scheele, Winkler, Franklin, Lavoisier, Fourcroy, Pictet, Saussure, de Luc, Vauquelin u. a. aber eine feste Basis gab dem Studio erst die Verbindung mit Mathematik durch Tob. Mayer, Lichtenberg, Coulomb, Laplace, Biot, Arago, Playfair, J. Tob. Mayer, Brandes, G. G. Schmidt, Malus, Bowditch, Brewster u. a. während in den neuesten Zeiten der Wetteifer in einer so bestimmten als geregelten Forschung den höchsten Grad erreicht zu haben scheint, wie die Entdeckungen eines Spallanzani, Volta, Richter, Proust, Gay-Lussac, Dalton, Erman, Davy, Berzelius, Wollaston, Zamboni, v. Bohnenberger u. a. beweisen. Aller aufgewandten Mühe und des gröſsten Eifers ungeachtet konnte Deutschland den Nachbarstaaten kaum folgen, wenn gleich viele denselben durch die Bearbeitung der neueren sogenannten Naturphilosophie den Rang abzugewinnen hofften. Sie ging aus als transcendentaler Idealismus von Kant's Versuche, die allgemeinen Gesetze der Natur aus dem abstracten Begriffe der Materie zu entwickeln. Ihm folgten als Führer der Secte Schelling, Oken, Hegel. Zur Literatur dient:

Krug's encyclopädisches Handbuch der wissenschaftl. Literatur, 2t. Bd. 2 Hft. die encyclopädisch physical. Lit. enthaltend von E. F. Wrede und F. B. Weber. Leipz. 1806.

Ersch Handbuch der deutschen Literatur u. s. w. 1ıt. Bd. 1ste Abth. Amst. u. Leipz. 1813.

J. D. Reuſs Repertorium comment. a Soc. lit. edit. I—VII Bd. 4to.

Zum Nachlesen dienliche zum Theil gröſsere, noch jetzt klassische Werke:

Isaac Newton philosophiae naturalis principia mathematica. Lond. 1726. 4.

Physices elementa mathematica a. G. J. s' Gravesande. Leidae 1748. II T. 4.

Institutiones physicae a Pet. van Musschenbroek Lugd. Bat. 1748.

Eiusd. Introductio ad philosophiam naturalem, ib. 1762. III T. 4.

J. A. Segner's Einleitung in d. Naturlehre. Gött. 1770.

T. G. Kratzenstein Vorles. über d. Experimentalphysik. Kopenh. 1787. 8.

J. C. P. Erxleben Anfangsgründe der Naturlehre mit Anm. von Lichtenberg. 6te Aufl. 1794.

Handbuch der Physik für Schullehrer und Freunde dieser Wissenschaft, von C. P. Funke. Braunsch. 1797.

Grundriſs der Naturlehre zum Gebrauch für Vorlesungen von Gren, neu herausgeg. von Fischer. Halle 1808.

G. S. Klügels Anfangsgründe d. Naturlehre in dessen Encyclopädie. Berl. 1792.

Grundriſs der Physik für Vorlesungen von Fr. Link. Hamb. 1798. 8.

Grundlehren der Physik von R. J. Hauy übers. von Blumhof. 2 Th. Weimar 1804.

Lehrbuch der mechanischen Naturlehre von E. G. Fischer. Berl. 1815.

Tib. Cavallo ausführliches Handbuch der Experimentalnaturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen; übers. mit Anmerk. von Trommsdorf. Erf. 1804 — 9. 4 Th. 8.

Kries Lehrbuch d. Physik für gelehrte Schulen. Jena.

Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre, abgefaſst von Fr. Hildebrandt. 2 Th. Erl. 1807.

Grundriſs der Experimentalphysik von C. W. G. Kastner. 2 Th. Heidelb. 1809 u. 10.

Anfangsgründe der Naturlehre von T. Mayer. 3te Ausg. Gött. 1812.

Handbuch der Naturlehre zum Gebrauche für Vorlesungen von G. G. Schmidt. 2te Aufl. Giefsen 1813.

Leitfaden zum Gebrauch bey Vorlesungen über die Naturlehre von C. W. Boeckmann. 2te Aufl. Carlsr. 1813.

Anfangsgründe der Physik und Chemie nach den neuesten Entdeckungen von G. A. Suckow. 2 Th. Augsb. 1813.

Entwurf des Systems der theoretischen Physik zum Gebrauche bey seinen Vorlesungen von J. F. Fries. Heidelb. 1813.

Handbuch der Naturlehre, enthaltend das Wissenswürdigste und Gemeinnützigste aus derselben zum Selbstunterrichte und zum Unterrichte anderer von J. G. Süskind. Stuttg. 1812. (populär.)

Grundrifs der theoretischen Physik zum Gebrauche für Vorlesungen von G. F. Parrot. 3 Th. Riga und Leipz. 1809.

Anfangsgründe der Physik und angewandten Mathematik verfafst von T. Siber. 2te Ausg. 1815.

Anfangsgründe der Physik, als Vorbereitung zum Studium der Chemie von B. Scholz. Wien 1816.

Grundrifs der Physik als Vorbereitung zum Studium der Chemie von J. B. Trommsdorf. Gotha 1817.

Brisson traité elémentaire ou principes de physique. Par. 1789. 3 vol. 8.

Traité complet et élémentaire de physique presenté dans un ordre nouveau, d'après les découvertes modernes par Ant. Libes. 2me ed. III vol. 8vo.

Traité de physique experimentale et mathematique, par J. B. Biot. 4 vol. Par. 1816.

Précis élémentaire de physique experimentale par J. B. Biot. 2 vol. 8. Par. 1817.

Dasselbe übers. von F. Wolf. Berl. 1819. 1 vol. (d. 2te fehlt noch.)

Young lectures ou natural philosophy and the mechanical arts. Lond. 1807. 2 vol. 4.

Outlines of natural philosophy, being heads of lectures delivered in the university of Edinburgh by J. Playfair. 3 vol. Lond. 1814. 16. D. 3te fehlt noch.

Lehrbuch der Physik von J. Ph. Neumann. 1ster Th. Wien 1817.

Systematische Darstellung aller Erfahrungen in der Naturlehre. Entworfen von J. R. Meyer, bearbeitet von mehreren Gelehrten. Arau 1806. (bis jetzt 4 Bde.)

Hutton's mathem. and phil. dictionary, with plates 1815. 2 vol. 4.

Physicalisches Wörterbuch u. s. w. von J. S. T. Gehler V T. und 1 Bd. Register. Leipz. 97—95.

Physical. Wörterb. von Fischer. Gött. VI T. 1798 — 1305.

Chemisches Wörterbuch von Klaproth und Wolf. Berlin 1806. V vol. u. IV Supplementbände. 1816.

Zeitschriften.

Göttingisches Magazin d. Wissenschaften und Litteratur von Lichtenberg und Forster. Gött. 1780—85. VI. T.

Sammlung zur Physik und Naturgeschichte. Leipz. 1779—92. 4 Bd. 8.

Magazin für das Neueste aus d. Physik u. Naturgeschichtevon Lichtenberg, fortges. von Voigt. 1781—99. XII vol. 8.

J. H. Voigt's Magazin für den neuesten Zustand d. Naturkunde. Weimar 1797—1806. X vol.

Journal der Physik von Gren. Leipz. 1790—93. VIII Bd.

Dessen Neues J. d. Physik. Leipz. 1795—97. IV Bd.

Gilbert's Annalen d. Physik. 1797—1808. XXX Bd. mit besonderem Titel, als Neue Folge. Leipz. 1809. bis jetzt XXX, im Ganzen LX Bd.

Allgemeines Journal d. Chemie von Scherer 1797 —1803. X vol. Fortgesetzt in

Neues allgemeines Journal d. Chemie von Gehlen. 1803—1805. VI vol. Fortgesetzt in

Journal für die Chemie und Physik von Gehlen. 1806—10. IX vol. Fortgesetzt in

Neues Journal für Chemie und Physik. von Schweigger 1811. Bis jetzt XXIII Bde.

Französische Annalen für die allgemeine Naturgeschichte, Physik, Chemie, Physiologie u. s. w. von Pfaff und Friedländer. 1802—3. IV vol.

Bülletin des Neuesten und Wissenswürdigsten aus der Naturwissenschaft von Hermbstädt. Berl. 1809—18.

Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts par Rozier. Par. 1771. fortgesetzt als Journal de physique de chimie et d'histoire naturelle von de la Metherie, seit 1818 von Blainville, im Ganzen LXXXVII vol. 4.

Annales de chimie cet. Par. 1789—1815. XCVI vol. 8vo. Fortgesetzt in

Journal de chimie et de physique par Gay-Lussac. 1816. Wird fortgesetzt.

Bibliotheque Britannique cet. Geneve 1796. LX Bde. seit 1816. fortgesetzt als Bibliotheque universelle, jährlich 6 Bde., wovon die Physik nur einen kleinen Theil ausmacht.

Brugnatelli giornale di fisica, chimica e storia naturale cet. Pavia. 1808. Bis jetzt XI Bde. 4to.

Tilloch's philosophical magazine, bis 1814. XLIV vol. 8vo.

Ein neuerdings angefangenes, bis jetzt aus wenigen Bänden bestehendes vorzügliches Journal, unter d. Titel: philosophical magazine habe ich noch nicht zu Gesicht bekommen können.

Nicholson's Journal of natural philosophy, Chemistry, and the Arts, seit 1797. V vol. 4.

Thomson's annals of philosophy 1813. Bis jetzt XII Bde.

Die vielen, sehr wichtigen, Schriften der Academieen und gelehrten Gesellschaften, können des Raumes wegen nicht aufgeführt werden, sind aber alle für Naturwissenschaften vorzüglich zu empfehlen.

Für die Geschichte ist: Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten von Fischer. Gött. 1801 — 8. VIII vol. 8.

I. Von der Materie überhaupt.

§. 12.

Natur, als das *Object* unserer Untersuchung, heifst der Inbegriff alles dessen, was in die Sinne fällt. Wir unterscheiden dabey Materie und Kraft, und nennen dasjenige, was den Raum erfüllt, und sinnlich wahrgenommen werden kann, Materie, indem wir es von dem Denkenden, dem Geiste oder dem forschenden und begreifenden *Subjecte* sowohl, als auch von einem hervorgebrachten Effecte, und der, Effecte hervorbringenden, Kraft unterscheiden.

Für den Physiker, insofern er die allgemeinen und besonderen Gesetze der Natur und ihrer Erscheinungen erforschen will, ist die Materie das Gegebene aufser uns, zu deren Grundbestimmung weder aus dem denkenden Geiste, noch aus dem abstracten Begriffe derselben etwas entnommen werden kann, weil einem jeden Menschen der Begriff der Materie durch äufsere Anschauung gegeben ist.

Einige Physiker wollen alle speculativen Untersuchungen aus der Naturlehre verbannen und das Studium derselben blofs auf Beobachtungen zurückführen, wodurch dasselbe aber den wissenschaftlichen Charakter verlieren würde.

§. 13.

Bey der Materie, als dem aufser uns liegenden, unserer Erkenntnifs gegebenen Objecte, kann sich der Physiker füglich der Mühe überheben, zu fragen, wie und woher sie ihre Existenz habe, ob durch sich selbst oder durch gewisse Kräfte u. s. w. Wohl aber müssen wir die Frage aufwerfen, ob allen Körpern nur *eine* Materie

zum Grunde liege, (welche sich unsern Sinnen dann unter mannigfaltigen Modificationen zeigen müſste) imgleichen ob wir alle (an sich verschiedene oder verschieden modificirte) Materie erkannt haben oder überhaupt zu erkennen vermögen.

Die metaphysischen Speculationen über das eigentliche Wesen der Materie, die Bedingungen ihrer Existenz, die Möglichkeit ihres Erkanntwerdens, die objective Realität des sinnlich Wahrgenommenen u. s. w. gehören zwar zunächst in die Schule der speculativen Philosophie, und die Physiker des Auslandes haben in den neuesten Zeiten, wo die Naturwissenschaften durch die glänzendsten Entdeckungen von ihnen bereichert sind, diese Frage gänzlich vernachläſsigt. Inzwischen hat der Physiker, insofern er zugleich Philosoph seyn und das Object der Untersuchung besser kennen muſs, als dieses dem speculativen Philosophen nach der Art ihrer beyderseitigen Beschäftigungen möglich seyn kann, allerdings das Recht, auch hierauf sich einzulassen, wie dieses denn in Deutschland in den letzteren Zeiten oft geschehen ist. Die Veranlassung dazu gab vorzüglich Immanuel Kant, indem er zu beweisen suchte, daſs die Existenz der Materie durch zwey Kräfte, die Dehnkraft und Ziekraft bedingt sey. (S. metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. 3te Aufl. Leipz. 1800.) Gleich anfangs von Vielen miſsverstanden, sagt er selbst weiter nichts, als daſs die Materie (das auſser uns schon Gegebene, schon Bestehende) nicht bestehen (nicht seyn, keine wirkliche Existenz haben) könne, ohne ein gewisses Verhältniſs dieser beyden Kräfte. Bey dem *Beweise* dieses Satzes ist indeſs nicht zu verkennen

1) daſs die Sprache der Mathematik zwar usurpirt, eigentlich aber eine bloſs metaphysische Speculation gegeben wird. Der Geometer bezeichnet die Differenz zweyer entgegenwirkender Kräfte durch einen bestimmten Ausdruck des Effects, und sieht dabey das Unendliche als auſser den Grenzen der Messung liegend an. Kant dagegen, ohne die Gröſse gegebener Kräfte zu messen, will die Nothwendigkeit derselben aus Erfolgen beweisen, welche überall kein Gegenstand der Wahrnehmung, vielweniger der geometrischen Messung sind.

2) Daſs das Ganze demnächst nicht in den Grenzen allgemeiner Principien gehalten, sondern zugleich auf

ein Beyspiel gebauet wird, wobey der Fehlschlufs a particulari ad universale wenigstens in der Anlage einen Einflufs hat. Wenn zur Erklärung der beyden Kräfte die Zusammendrückung der Luft in einem Luftpumpenstiefel gewählt wird, so führt der eigentliche Charakter derselben, die Expansibilität, irre. Setzen wir statt Luft, Wasser, oder Glas, welche durch endliche Kräfte nur unmerklich oder gar nicht zusammengedrückt werden können und gar kein Bestreben der Ausdehnung, aufser durch Wärme, zeigen; so entdeckt man sogleich eine gewisse Lahmheit der Schlufsfolge. Berücksichtigen wir aber, dafs die festen Körper an sich (ohne Hinzukommen der Inponderabilien) kein Bestreben zeigen, sich auszudehnen, dafs die Inponderabilien dagegen an sich und ohne Hinzukommen der Ponderabilien nicht gegen einander, und oft nicht erweislich gegen Ponderabilien gravitiren, auch dafs namentlich das Licht aller Erfahrung zu Folge und in Gemäfsheit der unendlichen Menge von Lichtquellen den mefsbaren Raum überall erfüllt, folglich hierbey die Ziehkraft noch nicht nachgewiesen ist, erwägen wir endlich, dafs es noch gar nicht ausgemacht ist, ob wir wirklich schon alles, was Materie heifsen mufs, erkannt und unsere Definition derselben danach gebildet haben; so folgt, dafs die beyden Kräfte nicht aus der Erfahrung abstrahirt werden können, und folglich aus dem abstracten Begriffe einer a priori zu erkennenden Materie (welcher übrigens die a posteriori erkannte nicht untergeschoben werden darf) deducirt werden müfsten, ein Unternehmen, woran der menschliche Verstand eben nach Kantischen Principien scheitern mufs.

3) dafs eben daher diese abstracte Demonstration einen unverkennbaren Widerspruch enthält, wodurch der Zusammenhang auffallend unterbrochen wird. Der Beweis des 3ten Lehrsatzes p. 31. heifst wörtlich: «*Nun* «*kann für gegebene ausdehnende Kraft der Materie* «*eine gröfsere zusammendrückende gefunden wer*«*den*, die diese in einen engeren Raum zwingt, und so «*ins Unendliche*; welches das Erste war. Zum Durch«dringen der Materie aber würde ein Zusammentreiben «derselben in einen unendlich kleinen Raum, mithin *eine* «*unendlich zusammendrückende Kraft erfordert*, «*welche unmöglich ist*.» Da nun eine *ins Unendliche* gröfsere zusammendrückende Kraft mit einer *unendlich* zusammendrückenden offenbar identisch ist, so schliessen diese acht Zeilen einen mit den nämlichen Worten

ausgedrückten Widerspruch in sich, welcher nicht eher aufgehoben werden kann, bis jemand den Unterschied zwischen den vorliegenden Ausdrücken nachweiset, oder darthut, daſs etwas Unmögliches doch gefunden werden könne.

Inzwischen schlieſst die Annahme zweyer, sich einander limitirender, die Existenz der Materie im Raume bedingender, im directen Verhältnisse der Gegenwirkung wachsender Kräfte, keinen inneren Widerspruch in sich. S. Neumann Handb. I. 15. Zugleich ist es unerläſslich, beyde anzunehmen, wenn wir einräumen, daſs eine derselben als solche existirend und unbegrenzt wirksam durch Speculation erwiesen werden könne, welches aber eben aus den angeführten Gründen unmöglich ist. Aus der Erfahrung kann indeſs nur die eine, nämlich die Attraction als allgemein der Materie zukommend mit hoher Wahrscheinlichkeit nachgewiesen werden, indem es kein einziges Phänomen giebt, zu dessen Erklärung man einer Repulsion nothwendig bedürfte. S. Mayer bey Gren VII. 208. Biot hält mit mehrern Physikern die Wärme für ein absolut repulsives, der Attraction entgegenwirkendes Princip. I. 251. wogegen man die Ausdehnung des gefrierenden Wassers anführen könnte. Die eigenthümliche Gestalt der Cometenschweife allein scheint bloſs aus einer Repulsion der Sonnenatmosphäre gegen die Substanz derselben erklärbar zu seyn, Olbers Mon. Cor. XXV. 3. und hätten wir hierin also allerdings ein repulsives Princip, wenn es erlaubt wäre, über so fern liegende, bey weitem nicht genugsam beobachtete und geprüfte Erscheinungen mit Gewiſsheit etwas festzusetzen, und einen allgemeinen Beweis schon jetzt auf die Beobachtungen zu gründen.

Die Anhänger Kant's, durch den seltenen Scharfsinn und die ausgebreiteten Kenntnisse dieses Reformators der Philosophie, die Bestimmtheit seiner Sprache und den systematischen Zusammenhang seiner mit ungewöhnlicher Dreistigkeit dargelegten Demonstration geblendet, griffen begierig die Behauptung dieser zwey Grundkräfte auf, modificirten die Theorie aber dahin, daſs sie annahmen, alle Erscheinungen in der Natur, und alle Veränderungen in der Körperwelt beruheten auf denselben und ihrem Conflicte, wodurch nothwendig die Begriffe von Materie und Kraft, als dem Bewegten und dem Bewegenden confundirt werden muſsten. Manche spätere Naturphilosophen scheinen in der Dreistigkeit der Entscheidung über alle Gegenstände des menschli-

chen Wissens mit einander wetteifern, und hierin das eigentliche Wesen der Philosophie setzen zu wollen. Vor allen Dingen verstehen sie den Unkundigen durch Ausdrücke zu täuschen, welche mit den gebräuchlichen wissenschaftlichen eben so sehr als mit der Anschauung der Natur und der dem Naturforscher unentbehrlichen Mathematik im Widerspruche stehen, z. B. das Heraustreten aus sich, das sich selbst Setzen, das Setzen ins Absolute, das Entstehen eines Etwas aus dem Unendlichen oder aus dem Nichts, oder aus dem Absoluten, Reflexionsbestimmung, Polarität, Differenzirung u. s. w. Sie fordern aufserdem, dafs man ihnen einige, durch innere Erleuchtung ihres Geistes gleichsam inspirirte Prämissen zugeben soll, welche der unerleuchtete Verstand nicht begreifen kann, ja sogar dafs man Erscheinungen, welche aller Erfahrung und bestimmten Naturgesetzen widersprechen, nach einseitigen, unter einander nicht übereinstimmenden Beobachtungen glauben müsse, und kommen hierdurch in einen Widerspruch mit der nothwendig höchst klaren eigentlichen Naturphilosophie. Der mathematische Physiker vorzüglich kann sich unmöglich damit befriedigen lassen, wenn die Phänomene der Sinnenwelt z. B. auf das Aufsersichseyn der Natur im Ganzen und der einzelnen materiellen Stoffe zurückgeführt werden, gleichsam als wolle man diese letzteren hierdurch im Voraus disponiren, sich diejenigen Gesetze aufdringen zu lassen, welche jene Philosophen, selbst aufser sich durch die Sucht nach dem Mystischen und Paradoxen gern als das Resultat ihres Eindringens in die tiefsten Geheimnisse der Natur und ihrer ewigen Gesetze darstellen mögten, gleich den lügenhaften Reisebeschreibern, welche die unbekannten Länder nie sahen, dagegen aber das Publicum durch die Erzählung der abentheuerlichsten Mifsgestalten ihrer Bewohner zu täuschen suchen. Noch unangenehmer aber ist es, wenn man lieset, wie dieselben den ersten Physiker der Welt, Newton, als einen Schulknaben abfertigen, so wenig sie auch die grofsen Astronomen unserer Zeit verstehen, welche das Verdienst ihrer mühsamen Arbeiten mit Anerkennung seines überlegenen Verstandes auf ihn zurückzuführen sich ein Vergnügen machen. Oft wird man veranlafst zu glauben, es sey so etwas blofs ein Versuch, ob sie etwa, indem sie sich nach ihm gleichfalls Naturphilosophen nennen, ihren usurpirten Ausdrücken gemäfs, durch das: Sich selbst = Newton und Newton = ihnen selbst, Setzen, zu irgend einer Ent-

deckung gelangen könnten, als diejenigen sind, welche jenem die Unsterblichkeit sichern. Man kann es daher dem deutschen Physiker nicht verargen, wenn er diese Früchte der einheimischen Literatur vernachläſsigt, und sich an diejenige Methode hält, welche das Ausland ausschlieſslich zu befolgen pflegt.

Sehr irrig ist es aber, wenn man der dynamischen und naturphilosophischen Ansicht die atomistische gegenüberstellt, und behauptet, der Atomistiker wolle und könne aus der Beschaffenheit der Atome irgend ein Naturphänomen erklären. Von dieser älteren Ansicht ist man völlig abgewichen. Atome, Elemente u. s. w. sind die unendlich kleinen Theile, auf welche wir bey fortgesetzter Theilung der Körper zurükkommen, welche für sich zu erkennen durchaus unmöglich ist, eben weil sie unendlich klein sind, weswegen weder über ihre Form, noch relative Gröſse, beyde mit dem Unendlichkleinen unvereinbar, etwas Gewisses ausgemacht werden kann. Wenn im Einzelnen von den Gestalten dieser Elemente die Rede ist, so haben wir dieses bloſs als Versuche des combinirenden Scharfsinnes anzusehen, ob die Formen der Körper und ihre Erscheinungen sich auf gewisse Formen der Elemente zurückbringen lassen, welche indeſs bloſs für hypothetisch ausgegeben werden, und wobey man sich noch auſserdem der Zahlen bedient, durch welche der Ausdruck des der klaren Vorstellung entschwindenden Unendlichkleinen allerdings möglich ist. Bey solchen Versuchen darf man sich aber nie von der Erfahrung, der einzigen Grundlage aller wahren Naturerkenntniſs, entfernen, durch welche eine Menge, in ihrer Anwendung höchst fruchtbare Wahrheiten aufgefunden sind, während die sogenannten naturphilosophischen Speculationen noch keine einzige Entdeckung aufzuweisen haben. Die Methode der Naturforschung, durch welche noch jüngstens Volta die nach ihm benannte Säule und Davy seine Sicherheitslampen gefunden hat, wird ewig die einzig wahre und richtige bleiben.

Daſs nur eine absolut homogene Materie allein allen Naturkörpern zum Grunde liegen solle, ist unmöglich, weil das Einfache nicht in veränderten Modificationen erscheinen kann, ohne ein neu hinzugekommenes Etwas. Ob dieses nun verschiedene Kräfte sind, wie einige annehmen wollen, wird unten näher untersucht werden.

Wir haben mehrere Gründe zu glauben, daſs wir nicht alles, was Materie genannt werden muſs, mit un-

serer Kenntniſs umfassen. Hierauf führen auſser der wahrscheinlichen Unendlichkeit der Natur mehrere Analogieen. Die ansteckenden Miasmen sind bis jetzt noch nicht sicher dargestellt, die Electricität würde ohne die isolirende Kraft der Luft und das Licht ohne den Sinn des Gesichtes nicht wahrgenommen seyn, und auſserdem werden noch von Zeit zu Zeit neue, vorher ganz unbekannte Stoffe entdeckt, u. s. w.

§. 14.

Die Materie, deren Untersuchung den Physiker beschäftigt, ist in eben dem Sinne das Raumerfüllende, als der Raum, welchen der Geometer miſst, ein leerer Raum ist. In Hinsicht auf diese Raumerfüllung müssen *Ausdehnung* und *Undurchdringlichkeit* das Wesen derselben bezeichnen, obgleich der Raum, den sie einnimmt, oft unendlich klein, und ihre Undurchdringlichkeit durch unendliche Feinheit und Flüſsigkeit verschwindend werden, so daſs sie nicht ferner ein Gegenstand unserer Messung und Wahrnehmung bleiben.

Man hat von jeher, jedoch bloſs in der Abstraction den Raum, als das Begrenzende, von der Raum erfüllenden Materie, oder dem Körper, als dem Begrenzten im Raume richtig unterschieden. Die Frage, ob es einen leeren Raum gebe, konnte bloſs damals aufgeworfen werden, als man wegen mangelhafter Kenntniſs der Natur, und irregeleitet durch die falsche Theorie der vier Elemente, glaubte, alle Materie und in allen ihren Qualitäten schon erkannt zu haben. Daſs man übrigens in der Abstraction den leeren Raum von dem erfüllten trennen könne, ist unbestreitbar, da man eine Grenze abgesondert von dem Begrenzten sich vorzustellen vermag. So wie aber nach dem Gesetze der Stetigkeit der Raum vom unendlich groſsen bis zum unendlich kleinen veränderlich ist, so muſs die Materie an sich und wie sie in den Körpern gegeben ist, vom unendlich groſsen bis zum unendlich kleinen verschieden seyn. Weil aber der endliche Verstand das Unendliche genau zu begreifen nicht vermag, so werden wir uns weder die Körperwelt in ihrem ganzen Umfange, noch die Elemente der Ma-

terie in ihren eigenthümlichen Qualitäten deutlich vorzustellen im Stande seyn. Einige Physiker, welche diese richtige Ansicht verfehlten, trugen Bedenken, Ausdehnung und Undurchdringlichkeit als allgemeine, das Wesen der Materie bezeichnende Charaktere anzuerkennen, wobey es jedoch blofs einer richtigen Bestimmung der Begriffe bedarf. Ausdehnung nämlich bezeichnet die Existenz im Raume, und kann nach dem Gesetze der Stetigkeit auch da nicht aufhören, wo der Raum unendlich klein wird, mithin kein Gegenstand unserer deutlichen Vorstellung bleibt. Undurchdringlichkeit aber folgt daraus nothwendig, weil wir uns in dem nämlichen Raume, welchen ein gegebener Körper einnimmt, einen andern gleichzeitig existirend zu denken aufser Stande sind. Muschenbroek J. I. 8. Boscovich Theor. phil. nat. §. 41.

Da eine Haupt-Classe der Körper, die Ponderabilien in der Form, wie sie uns gewöhnlich erscheinen, wägbar ist, so hat man oft mit Unrecht Ponderabilität als nothwendigen Charakter der Materie annehmen wollen. Uebrigens hat noch niemand den eigentlichen rationalen Grund der Ponderabilität angeben können, auch ist die absolute Gewichtlosigkeit der sogenannten Inponderabilien noch keineswegs erwiesen.

§. 15.

Die Materie, als solche, hat in sich selbst nach unserer Vorstellung von derselben keinen Grund von irgend einer Veränderung. Alles dasjenige, wodurch eine solche hervorgebracht wird, nennen wir Kraft. Letztere können wir uns nicht für sich bestehend, sondern blofs als der Materie in der Natur, wie dem Geistigen im Menschen und in höheren Wesen eigenthümlich zugehörend vorstellen. Wir erkennen dieselbe aus ihrer Wirkung, und setzen sie dieser direct proportional.

Abstrahiren wir von der Untersuchung der Kräfte des Geistes, als der Psychologie zugehörig, und forschen nach dem Grunde der Erscheinungen in der Natur, so entdecken wir sofort einen steten Wechsel und eine unausgesetzte Reihe von Veränderungen, deren Grund in der Materie, als solcher, nicht liegen kann,

sondern den wir von derselben abgesondert betrachten und mit dem Ausdrucke, Kraft, bezeichnen müssen. Da wir die letztere nicht an sich kennen lernen, sondern bloſs aus den Wirkungen, indem wir sogar die Gröſse derselben der Stärke ihrer Wirkung proportional setzen, so erklärt sich hieraus, warum die metaphysische Ursache dieser Wirkungsfähigkeit der Materie, oder die Kraft an sich, und ihre Verbindung mit der Materie von uns eben so wenig deutlich erkannt werden kann, als die Thätigkeit der Seele und ihre Verbindung mit der Auſsenwelt durch die Organe. Und doch ist die Aufsuchung und Bestimmung dieser Kräfte der eigentliche Zweck des Studiums der Physik, worin wir noch nicht weiter gekommen sind, als daſs wir eine unglaubliche Menge Thatsachen erkannt und systematisch geordnet haben, womit wir das Bestreben verbinden, durch Vergleichung und genaueste Prüfung derselben die Kräfte in der Natur und die Art ihrer Wirksamkeit zu erforschen.

§. 16.

Die Frage, wie viele Kräfte es in der Natur giebt, fällt nach theoretischer Ansicht mit der andern zusammen, ob es mehr als eine Grundmaterie giebt. Auf dem Wege der Erfahrung könnten wir erst dann dieselbe genügend zu beantworten hoffen, wenn wir schon alles, was Materie heiſst, vollkommen erkannt hätten. So lange dieses aus vorher angegebenen Gründen zweifelhaft ist, und wir noch eine Menge Erscheinungen vor uns haben, von denen wir nicht wissen, ob irgend etwas Materielles ihnen zum Grunde liege, oder woran die wirkende Ursache gebunden seyn mag, kann hierüber nicht mit Gewiſsheit entschieden werden.

Aus *einer* Grundmaterie und *einer* Kraft können die vielfachen Veränderungen in der Natur nach den Regeln der Syntactik nicht erklärt werden. Auch die Annahme von zwey entgegengesetzten Grundkräften und einer homogenen Materie führt zu einem leeren Spiele mit Worten und streitet gleichfalls gegen die Principien der Syntactik. Je gröſser die Mannigfaltigkeit der Grund-

materie gefunden, und je verschiedener dieselbe in ihren wesentlichen Qualitäten erkannt wird, um so geringer kann die Zahl der wirkenden Grundkräfte angenommen werden.

Auf dem Wege der Erfahrung zeigen sich aber gleichfalls unübersteigliche Hindernisse, welche hauptsächlich aus zwey Ursachen erwachsen; erstlich daraus, daſs wir das eigentliche Wesen der Inponderabilien und ihren charakteristischen Unterschied von den Ponderabilien noch nicht zu erforschen vermogten, und zweytens daſs wir nicht wissen können, ob wir alles, was Materie und materieller Stoff ist, schon wirklich erkannt haben, oder überhaupt kennen zu lernen vermögen. Wir kennen daher eine Menge Wirkungen, namentlich diejenigen, welche der Physiologie angehören, deren Ursachen noch in ein undurchdringliches Dunkel gehüllt sind.

Ueber die sogenannte Lebenskraft.

§. 17.

Eine unverkennbare, wahrscheinlich im Wesen aller Materie gegründete, allgemeine Kraft derselben ist die Attraction. Aus ihr läſst sich mit ziemlicher Zuverläſsigkeit die Gravitation, die Cohäsion, Adhäsion und Affinität, als Modificationen derselben ableiten.

Diese Kraft ist allgemein aller Materie zukommend, und es ist noch keine gefunden, welche derselben nicht in einer oder der andern Modification unterworfen wäre. Sie geht durch das ganze Universum, und zeigt sich wirksam im Groſsen wie im Kleinen. Wirkt sie in die Entfernung, so nennen wir sie Gravitation oder Schwere. Als solche ist sie der Grund aller Bewegung der Himmelskörper, und ist den Massen direct, den Quadraten der Entfernungen umgekehrt proportional. Ob den Himmelskörpern bloſs diese, oder noch eine chemische Anziehung zukomme, ist zweifelhaft. S. J. T. Mayer de affin. chem. corp. coel. in Comm. Soc. reg. Scient. Ihre Allgemeinheit ist erwiesen durch die Beobachtungen über die Anziehung groſser Gebirgsmassen durch Bouguer, Maskeline u. v. Zach. (S. La figure de la terre determinée cet. par. M. Bouguer. Par. 1794. 4to. Phil. trans.

for. 1811. P. 2. v. Zach de attract. mont., die Versuche mit der Drehwage (S. Gilb. II. 1. ff.) und die Afficirung des Pendels astron. Uhren durch die Nähe des Gewichtes (S. Bohnenb. Astron. 498.). Dafs auch kleine Massen eine actio in distans zu äufsern scheinen, darüber s. meine phys. Abh. S. 67 u. 448.

§. 18.

Weit weniger läfst sich mit Gewifsheit bestimmen, ob der verschiedene Zustand der Körper, wonach sie bald als fest bald als flüfsig, u. z. als tropfbar- oder elastisch-flüfsig erscheinen, aus entgegenwirkenden Kräften oder aus der absoluten Repulsion der Wärme, oder endlich aus einer eigenthümlichen Qualität der constituirenden Bestandtheile abzuleiten sey.

Fest und flüfsig sind relative Begriffe, lassen sich aber in den Extremen sehr wohl unterscheiden. Dafs es viele Körper giebt, deren Flüfsigkeit dem Einflusse der Wärme proportional ist, scheint in dieser letzteren das die Flüfsigkeit bedingende Princip zu zeigen, wofür auch der Umstand spricht, dafs kein fester Körper den höchsten Graden der Hitze völlig widersteht. Da aber manche Körper durch ihre Verbindung ohne Temperaturänderung sogleich fest oder flüfsig werden, so scheint die Ursache dieses Zustandes der Körper in der gegenseitigen Action ihrer Bestandtheile auf einander zu suchen. S. Biot. I. c. XII.

Ammoniak wird durch Wasser liquide, durch Kohlensäure fest. Liquides kohlens. Cali und salzsaurer Kalk werden bey ihrer Vereinigung fest.

§. 19.

Ob die Körper bey der grofsen Verschiedenheit ihrer Bestandtheile und Aggregatform aus unendlich kleinen Theilen im strengsten Sinne bestehen, ist schwer auszumachen; sicher aber können wir die meisten Körper so weit theilen, dafs die Zahlenwerthe, wodurch ihre Gröfse durch Näherung bezeichnet wird, unsern deutlichen Begriffen entschwinden.

Die vielen Streitigkeiten über die Theilbarkeit der Materie entstanden aus falschen Begriffen. Man sagte: Materie sey das Raum-Erfüllende. Indem aber eine ins Unendliche fortgesetzte Theilung des Raumes geometrisch demonstrirt werden kann, so fragte man, ob die den Raum erfüllenden Körper gleichfalls dieser unendlichen Theilbarkeit unterworfen wären, oder ob die kleinsten Theile nicht mehr getheilt werden könnten. —

Genau genommen kommt die Sache auf einen Wortstreit hinaus. Der unendlich kleine Raum, wie der unendlich kleine Körper ist kein Gegenstand unserer Kenntnifs, auch lassen sich die (absolut) unendlich kleinen Theilchen nicht zur Bildung eines mefsbaren Körpers vereinigen (summiren) und die Rede kann daher nur seyn, was die Erfahrung über die Gröfse, die Form, und die letzten Bestandtheile der Körper lehrt, und hier finden wir dem allgemeinen Naturgesetze gemäfs eine (relative) Unendlichkeit, sowohl in der Gröfse der Körper und ihrer Systeme, als auch in Hinsicht der Mannigfaltigkeit ihrer Formen und der Kleinheit ihrer Theile. Dieses findet man besonders durch die Inponderabilien bestätigt, wenn wir triftigen Gründen nach auch diese für materiell halten, noch mehr, wenn wir zur Erklärung mancher Phänomene, namentlich den Lichttheilchen mit Malus, Biot u. Mayer bestimmte Gestalten beylegen wollen, indem es hier blofs auf eine geometrische Demonstration ankommt, welche sich bekanntlich viel weiter fortsetzen läfst, als unsere deutlichen Begriffe reichen. Weit über diese hinaus gehen übrigens selbst die Theilungen, welche man leicht mit verschiedenen Körpern vornehmen kann. Beyspiele der Art geben die Theilung des Goldes, S. Reaumur in mem. de Par. 1713. p. 270. Färbung des Kochsalzhaltigen Wassers durch salpeters. Silber, und des reinen durch Indigo oder Kupferammoniak S. Parrot. I. 17. Noch mehr die Ausflüsse riechender Substanzen. S. Boyle exerc. de mira subt. effluv. in opp. Genev. 1680. 4to.

§. 20.

Diese unendlich kleinen Elemente sind auf mannigfaltige Weise zu Körpern verbunden, so dafs aus der Art der Aggregation verschiedene, ihrem Wesen nach noch nicht genügend erklärte relative Eigenschaften derselben hervorgehen.

Dahin gehören vorzüglich Dichtigkeit, Parosität, Härte, Elasticität und Sprödigkeit.

Kein Körper ist absolut dicht, und wir können nicht wissen, ob gänzliche Entziehung aller Wärme diesen Zustand hervorbringen würde. Dieses, und daſs die Cohärenz der verschiedenen Stoffe ihrer Dichtigkeit nicht proportional ist, führt auf den Schluſs einer Aggregation in einzelnen Gruppen und daraus erwachsende Porosität. Nehmen wir die Inponderabilien auch unter die materiellen Substanzen auf, so sind alle Körper der Erfahrung nach porös. Als Beyspiele dieser Eigenschaft dienen das Durchschimmern des Lichtes durch dünne Goldblättchen, die Wirkung des Magnets durch Glas und Holz, der Schwefelleberluft durch dicke Lagen Papier, Entweichen der Luft aus Eyern im Vacuo, der Quecksilberregen u. s. w. Die gleichmäſsigere Vertheilung der Atome bey Flüſsigkeiten verursacht, daſs wir der geringeren Dichtigkeit ungeachtet keine Poren wahrnehmen. Musch. §. 91. Nach Newton sind auch bey den dichtesten Körpern die Zwischenräume gröſser als die Masse. Opt. II. 3. 8.

Härte, und die ihr entgegengesetzte Weichheit sind relativ. Verschiedene Ursachen bringen einen Wechsel dieses Zustandes in den Körpern hervor, z. B. vermehrte Wärme bey Wachs, Pech, Harz u. a. Klopfen und Pressen bey Metallen u. s. w., vor allen Dingen veränderte Mischungsverhältnisse, z. B. beym Eisen.

Mit gröſserer Härte ist meistens gröſsere Elasticität verbunden, weswegen mehrere Metalle durch Hämmern und mäſsig schnelles Abkühlen elastisch werden. Einen geringen Grad von Elasticität scheinen alle Körper zu haben, auch die tropfbar flüſsigen. S. Zimmermann üb. d. Elastic. d. Wassers. Br. 1779. Gang u. Gröſse d. Weichheit d. Wassers aus d. Versuchen d. H. Zimmermann gefolgert von F. G. Busse. Leipz. 1806. Beyspiele groſser Elasticität weicher Körper geben das Federharz und die spanischen Reuter aus frischem Brodte; groſser Elasticität spröder Körper, die Glasfäden, Glastrompeten, bologneser Flaschen, Glasthränen u. a. Den eigentlichen Charakter der Elasticität zeigt eine Billardkugel, welche man auf eine geschwärzte Steinplatte fallen läſst. Wäre einer von diesen Körpern vollkommen hart, der andere elastisch und kein Widerstand der Luft vorhanden; so würde eine solche Kugel in ewiger Bewegung bleiben. Den eigentlichen Grund dieser Qualität aufzu-

finden dürfen wir indeſs so viel weniger hoffen, je unbedeutender die Modificationen sind, wodurch die Körper diese verschiedenen Eigenschaften annehmen.

Wenn die Mittel, welche die Elasticität der Körper erzeugen, verstärkt werden; so pflegen sie dieselben spröde zu machen. Auch diese letztere Eigenschaft und ihr Entgegengesetztes, die Zähigkeit, sind relativ.

§. 21.

Eine Eigenschaft, welche oft der Elasticität gleichgesetzt, und nur bey einer gewissen Classe auch übrigens einander sehr ähnlicher Körper angetroffen wird, zugleich aber von der Elasticität sehr wohl unterschieden werden kann, ist Expansibilität. Sie scheint bloſs ein Erzeugniſs der Wärme zu seyn.

Man trifft diese Eigenschaft bey den sogenannten expansibelen Flüſsigkeiten. Daſs man diese auch elastische nennt, ist offenbar unlogisch, weil die Verschiedenheit beyder Eigenschaften sehr augenfällig ist. Die ihr entgegenstehende Compressibilität bezeichnet nur einen Verhältniſsbegriff, weil wir allezeit von einem gewissen Grade der Dichtigkeit expansibeler Flüſsigkeiten ausgehen müssen.

Daſs wir die Eigenschaft als ein Erzeugniſs der Wärme ansehen, dazu berechtigt uns der Umstand, daſs fast alle Körper durch Verbindung mit derselben in diesen Zustand übergehen, und wenn es bey einigen noch nicht beobachtet ist, so fordert die Analogie, den Grad der hierbey angewandten Hitze zu geringe anzunehmen.

II. Von der Bewegung.

A) Statik und Mechanik fester Körper.

§. 22.

Jeder gegebene Körper ist an irgend einem Orte. Dieser an sich genommen ist der absolute; in Beziehung auf den Beobachter, oder auf andere Körper ist er der relative Ort.

Der absolute Ort eines Körpers kann bloſs durch Abstraction erkannt werden, und ist ein in der Mechanik ganz unfruchtbarer Begriff.

§. 23.

Sofern der absolute Ort eines jeden Körpers unveränderlich ist, kann es keine absolute Bewegung geben. Der Ort wird relativ, sobald er mit einem andern vertauscht wird, oder der Körper sich bewegt. Fassen wir diese Bewegung als etwas für sich Bestehendes auf, so ist sie absolut, erscheint sie uns aber in und mit Beziehung auf uns und auf andere Körper, so ist sie relativ.

Bey jeder wissenschaftlichen Untersuchung, wenigstens in der Mechanik, wird das Verhältniſs der ruhenden und der bewegten Körper unter einander vorher genau bestimmt. Ist dieses nicht geschehen, wie bey minder streng wissenschaftlichen Bezeichnungen der Fall zu seyn pflegt, so werden leicht Miſsverständnisse erzeugt, und es ist oft schwer zu entscheiden, welcher zon zwey Körpern der bewegte, und welcher der ruhende sey. Beyspiele geben die scheinbare Bewegung der Sterne, der Hecken und Bäume beym Fahren, und das anscheinende Rückwärtsgehen eines nach anhaltender Bewegung stillstehenden Wagens. Am rathsamsten ist es daher, die Bewegung der ihren Ort verändernden Körper nie anders als relativ anzusehen.

§. 24.

Ruhe und Bewegung sind aufserdem in verschiedenem Wechsel einzeln bestehend oder gemeinschaftlich.

Beyspiele giebt die Erfahrung in Menge.

§. 25.

Bey der Bewegung kommt in Betrachtung

a. die Zeit ihrer Dauer,

b. der Raum, welchen der Körper durchläuft,

c. die bewegende Kraft,

d. die Richtung,

e. das Medium, worin der Körper bewegt wird.

Aus dem Verhältnisse der beyden ersten entspringt der Begriff der Geschwindigkeit im Allgemeinen, so wie der gleichförmigen und ungleichförmigen Bewegung insbesondere. Die beyden folgenden kommen bey der Bestimmung der Bahn zunächst in Betrachtung, das Medium wird aber vorläufig als ganz frey angenommen.

Der Begriff der Geschwindigkeit wird in der Erfahrung zu oft gegeben, als dafs er einer Erklärung bedürfte. Nennen wir sie C, den Raum S, die Zeit T; so ist $C = \frac{S}{T}$ die auf alle Fälle anwendbare Fundamentalgleichung.

Die einzige in der Natur gegebene gleichförmige Bewegung finden wir in der Axendrehung der Planeten.

Der ungleichförmigen Bewegungen giebt es demnach eine zahllose Menge. Sie sind entweder beschleunigt oder vermindert, beydes gleichmäfsig oder ungleichmäfsig. Ein Beyspiel der beyden ersten giebt das Pendel, als Beyspiel der beyden letzteren könnte eine Windmühle dienen.

Die Geschwindigkeit der Bewegung hat im Allgemeinen kein bestimmtes Mafs, und kann der Natur der Sache nach niemals unendlich werden. Sie wird mei-

stens durch den Widerstand der Mittel beschränkt, und ist daher bey den Inponderabilien, welche keinen solchen Widerstand zu leiden scheinen, am stärksten.

§. 26.

In Hinsicht auf die bewegende Kraft mufs wohl berücksichtigt werden, dafs in der Materie selbst, als solcher, kein Grund der Bewegung enthalten ist. Hieraus folgt unmittelbar, dafs die zu bewegende Materie eine Reaction ausüben müsse, welche eine Function ihrer Masse und der zu ertheilenden Geschwindigkeit ist, und welche man auch Trägheit oder Kraft der Trägheit nennt; imgleichen dafs ein bewegter Körper gegen ruhende einen, den genannten Potenzen gleichfalls proportionalen Effect ausübt, welchen man richtig mit quantitas motus bezeichnet.

Wenn gleich ein einmal bewegter Körper sich zu bewegen fortfährt, und auch andere Körper in Bewegung setzt; so liegt doch der Grund der Bewegung nicht in der Materie. Fafst man diese Wahrheit scharf auf, so wird der bekannte Satz der Trägheit: jeder Körper beharret, ohne hinzugekommene abändernde Ursache, ewig im Zustande der Ruhe oder der Bewegung, nicht weiter schwierig seyn. Wird ferner nicht übersehen, dafs Bewegung und Ruhe nur relativ sind, so fallen die vielen falschen Vorstellungen von der Trägheit noch leichter weg. S. Franklin on the vis inertiae of matter. Lond. 1779. 4. Euler mem. de l'acad. de Prusse. 1750. p. 428. Gordon phys. exper. el. I. 42. Kästner höhere Mechanik p. 22. Bucquoy Erläut. zu Schuberts Astron. p. 43. Carnot Grundsätze d. Mechanik. Leipz. 1805. p. 77.

Beyspiele der Reaction und Trägheit geben das Schwungrad, das plötzliche Anhalten oder Bewegen eines Wagens, die Scheibe und die sie durchbohrende Kugel, das Schmieden auf der Brust, Zerschlagen schwerer Steine in der Hand, Herabfallen eines am Faden an einer Waage hängenden Gewichtes, Hinauftreiben der Axt auf den Stiel, Jessops Methode Steine zu sprengen, G. XXII. 113. ff. XXIII. 249. u. a. a. O. Eine Bombe im Wasser zerspringend erzeugt eine starke Erschütterung u. a. m.

Der Mensch lernt durch Uebung die Action und Reaction gegen einander abzumessen.

Schwere und Trägheit sind nicht zu verwechseln.

Man unterscheidet in der Mechanik das statische Moment der Kraft oder das Product einer bewegenden Masse in die Entfernung vom Umdrehungspunkte; das mechanische Moment, odes das Product der bewegenden Masse in ihre Geschwindigkeit; das Trägheitsmoment endlich, das Product der bewegten Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit. Der Effect bewegter Massen nimmt hiernach sehr zu, wie sich zeigt bey den Wirkungen des heutigen Geschützes im Verhältniſs gegen das alte. Wirkung eines kleinen Hammers durch schnellere Bewegung. Hierauf beruhet die Gewalt des Wassers, des Windes und vielleicht des Blitzes. Ein Talglicht läſst sich durch ein tannenes Bret schieſsen.

Weitere Untersuchungen über lebende und todte Kräfte s. die Werke über Mechanik.

§. 27.

Die bewegende Kraft ist entweder einfach oder zusammengesetzt. Ist sie einfach, so ist durch sie zugleich und allein die Richtung der Bewegung, oder die Bahn des Körpers gegeben. Ist sie zusammengesetzt, so heben sich entgegengesetzte Kräfte um gleiche Gröſsen auf; von den conspirirenden aber läſst sich aus je zweyen die mittlere oder Diagonalkraft construiren, und so lassen sie sich insgesammt in eine vereinigen. Werden die Kräfte im Augenblicke ihrer Wirkung erschöpft, oder müssen wir es uns so vorstellen, so kann die Bewegung nur geradlinigt seyn. Eine krummlinigte Bewegung erfordert wenigstens eine der Kräfte in ihrer Wirksamkeit stetig beharrend.

Als einfache, im Momente der Wirksamkeit erschöpfte bewegende Kraft erscheint in der Natur der senkrechte, centrale Stoſs eines Körpers. Die meisten bewegenden Kräfte sind von dauernder oder in verschiedenen Zeitintervallen erneuerter und durch Hindernisse bedingter Wirksamkeit. Selten ist daher die Richtung der bewegten Last im strengsten Sinne geradlinigt.

Zur bequemeren Construction nimmt man die ganze Masse des bewegten Körpers in seinem Schwerpunkte (§. 36.) vereinigt an, und nennt seine Bahn die Linie, welche dieser bey seiner Bewegung durchläuft.

Wie man zwey Kräfte durch das sogenannte Parallelogram der Kräfte als eine Diagonalkraft construiren könne, indem man annimmt, daſs in kleinen wechselnden Zeittheilchen der Körper kleine, den Kräften proportionale Räume zu durchlaufen sollicitirt werde, zeigt f. 1. wo AB, AC die bewegenden Kräfte, AD die Diagonale bezeichnen. Nennen wir die beyden Linien a und b; den eingeschlossenen Winkel α; so ist die Diagonale $d = \sqrt{(a^2 + b^2 + 2\,a\,b\,\cos.\,\alpha)}$, aus welcher Formel der Einfluſs des Neigungswinkels und selbst der Erfolg entgegenwirkender Kräfte hergeleitet werden kann.

Kann man zwey Kräfte zu einer Diagonalkraft vereinigen; so kann man jede beliebige Menge derselben zuletzt in eine einzige verwandeln, indem man bey jeder Operation $\frac{n}{2}$ oder $\frac{n-1}{2} + 1$ neue Kräfte erhält, bis n $= 2$ wird.

S. Dan. Bernoulli com. pet. I. d'Alembert op. I. Poisson mec. I. §. 13.

Man hat mehrere Maschinen, um diese Sätze anschaulich zu machen, welche aber hinsichtlich der Genauigkeit hinter der Construction zurückbleiben und wegen der Leichtigkeit der Sache fast überflüſsig sind, z. B. von Eberhard (S. Erste Gründe d. Naturl. §. 64.) von Langsdorf u. a.

Beyspiele von zwey und mehreren zusammenwirkenden Kräften kommen unzählige vor, z. B. beym Ziehen eines Schiffes, der Rammklötze u. s. w. Oft wirken zwey und mehrere Kräfte, wo wir die Bewegung nur von einer Kraft ableiten, z. B. bey einem Steine, welcher vom Maste eines segelnden Schiffes herabfällt; beym Fangen eines oder mehrerer Bälle im Fahren, Reiten oder Laufen. Dahin gehört die Axendrehung laufender Billardkugeln, der Geschützkugeln u. s. w. Nutzen der gezogenen Büchsen. Anwendung auf die Axendrehung der Erde, und die damit zusammenhängenden Erscheinungen. S. Benzenberg Versuche über die Umdrehung der Erde. Dortm. 1804.

So wie man jede zwey Kräfte in eine Diagonalkraft vereinigen kann, muſs man auch jede Bahn eines Körpers als die durch zwey conspirirende Kräfte gegebene

Diagonale ansehen können, welches in der Mechanik von größter Wichtigkeit ist.

Wenn die Richtung eines bewegten und in dieser (gleichförmigen oder ungleichförmigen) Bewegung beharrenden Körpers gegeben ist, und derselbe wird durch eine andere, stetig wirkende, in einem beliebigen Winkel auf seine Bahn gerichtete Kraft sollicitirt, so beschreibt er eine krumme Linie. Dieses kommt vorzüglich bey der Central- und Wurf-Bewegung in Anwendung.

§. 28.

Bildet die Richtung der einen von zwey Kräften, wodurch ein Körper in einer Curve bewegt wird, mit seiner Bahn eine Tangente; so heißt sie Tangentialkraft. Weil hierbey die eine Kraft den Körper einem Centro zu nähern strebt, die andere die wirkliche Näherung hindert; so nennt man sie Centripetal- und Centrifugal-Kraft, beyde Centralkräfte.

Am anschaulichsten werden diese Lehren durch einen an einem Faden in einem Kreise geschwungenen Körper. Der Faden stellt die Centripetalkraft vor. Reißt derselbe, so wird diese $= 0$ und der Körper wird in der Richtung der Tangente der beschriebenen Curve weiter fliegen. Ist die Centripetalkraft dem Quadrate der Entfernung vom Mittelpunkte umgekehrt proportional, so wird die beschriebene Linie ein nach dem verschiedenen Verhältnisse beyder Kräfte zu bestimmender Kegelschnitt seyn. Nach diesem Satze läßt sich rücksichtlich der Schwere, welche beym Laufe der Planeten um die Sonne die stetig wirkende Centripetalkraft ist, sofern sie wie die Quadrate der Entfernungen abnimmt, leicht zeigen, daß die Planeten Ellipsen beschreiben müssen, bey denen auch die beyden übrigen Gesetze Keplers nothwendig sind. S. Newton princ. I. prop. XI. probl. VI. Bohnenberger Astron. p. 457. ff.

Diejenige Linie, welche wir aus dem Centro nach dem bewegten Körper gezogen uns vorstellen können, oder die Richtung der Centripetalkraft für jedes Zeitmoment der Bewegung nennen wir radius vector.

§. 29.

Wenn ein Körper um ein Centrum bewegt wird, so äufsert er zugleich nach dem Gesetze der Trägheit das Bestreben, in seiner Bewegung zu beharren. Die Richtung, in welcher dieses geschehen müfste, wird durch eine Tangente der Curve bezeichnet, worin er sich bewegt, und es mufs hieraus eine Kraft entstehen, nach welcher er sich vom Centro zu entfernen sucht, welche Schwungkraft heifst, und dem Quadrate der Geschwindigkeit gleich ist.

Die Schwungkraft, welche auch als die Diagonale zweyer conspirirender Kräfte construirt werden kann, mufs dem Gesetze der Trägheit gemäfs bey jeder Centralbewegung entstehen. Sie wird sich ihrer Richtung nach als Centrifugalkraft äufsern, und der Bestimmung des Trägheitsmomentes (§. 26.) gemäfs dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional seyn. Heifst die Geschwindigkeit v, die Schwungkraft k, so ist $k = v^2$. Schwingt der Körper im Kreise, so ist bey verschiedenen Radien $= r$ die Schwungkraft den Radien umgekehrt proportional oder $k = \frac{v^2}{r}$ und wenn wir sie mit der Schwere vergleichen, welche am Ende einer gegebenen Zeit dem bewegten (fallenden) Körper eine Geschwindigkeit $= 2g$ mittheilt; so ist $k = \frac{v^2}{2rg}$.

Alle Körper auf unserer Erde, so wie auf allen Planeten, werden durch die Schwere sollicitirt und zugleich umgeschwungen (S. §. 17 und 24.). Nehmen wir daher für die Schwungkraft auf unserer Erde zur Bestimmung der Geschwindigkeit eine Secunde mittlerer Sonnenzeit, deren 86164,091 auf einen Sternentag gehen, als Norm an, und g nach Pendelversuchen = 15,13 F. den Rad. der Erde im Aequator = 19630146 F., so ist k unter dem Aeq. $= 0{,}0034495$ oder $\frac{1}{289{,}9}$. Newton rechnete $1/289$. La Lande $1/287$. S. Astron. §. 3395. Der Fallraum $g =$ 15,13 par. Fufs wird diesem nach unter dem Aequator nur um 0,052 Fufs geringer seyn, als unter den Polen. Da ferner die Schwungkräfte den Quadraten der Geschwindigkeit proportional sind, und $\sqrt{289{,}9} = 17{,}025$

ist; so würde die Erde sich noch 17mal so geschwind bewegen müssen, wenn die Schwungkraft der Schwere gleich seyn sollte.

Da die Schwungkraft dem Quadrate der Geschwindigkeit, die Geschwindigkeit aber, in welcher jeder Körper auf der Oberfläche der Erde durch ihre Axendrehung bewegt wird, dem Perpendikel auf die kleine Axe proportional, letzterer aber dem cos. der Breite gleich ist; so muſs die Schwungkraft, nach dem Aequator hin zu nehmen, wie die Quadrate des Cosinus der breite oder $= \cos. \text{lat.}^2 = 1 - \sin. \text{lat.}^2$ seyn.

§. 30.

Wird irgend ein Körper in einer Richtung geworfen, welche mit der Richtung der Schwere einen beliebigen Winkel bildet, so muſs der Körper durch die Zusammenwirkung seiner erhaltenen Bewegung und der Schwere eine Curve beschreiben, welche die galileische Parabel heiſst.

Nähere Erläuterung bey der Schwere.

§. 31.

Wenn zwey Körper, von denen wenigstens einer bewegt seyn muſs, in ihrer Bahn zusammentreffen, so erfolgt ein Stoſs. Dieser ist entweder gerade, wenn die Richtung der Bewegung auf die Berührungsfläche beym Stoſse senkrecht ist, oder schief; central, wenn die Richtung des Stoſses durch den Mittelpunkt oder den Schwerpunkt der Massen geht, oder excentrisch. Berücksichtigt man bloſs den centralen; so ist, wenn M und m die Massen, C und c die Geschwindigkeiten beyder Körper vor dem Stoſse, c′ die Geschwindigkeit nach dem Stoſse bezeichnet, die allgemeine Gleichung $c' = \frac{MC + mc}{M + m}$. Die Erscheinungen werden sehr durch die Beschaffenheit der Körper abgeändert, je nachdem sie hart oder elastisch sind. Weiche Körper kommen den

harten gleich, mit der Einschränkung, daſs sie die Form ändern.

Die Gesetze des Stoſses, welche sich mit der Nolletschen Percussionsmaschine leicht versinnlichen lassen, können einfach aus dem mechanischen Momente der Bewegung (§. 26.) abgeleitet werden. Dabey kommt es auf die Richtung der Bewegungen an, wovon die eine negativ genommen werden muſs, wenn sie der andern entgegengesetzt ist. Hiernach können bey harten Körpern folgende Fälle unterschieden werden: 1) wenn beyde Körper nach einer Richtung bewegt sind, oder c positiv, so ist $c' = \frac{MC + mc}{M + m}$. 2) Ist in diesem Falle $M = m$; so ist $c' = \frac{C + c}{2}$. 3) Wenn beyde Körper nach entgegengesetzter Richtung bewegt sind, oder c negativ, so ist $c' = \frac{MC - mc}{M + m}$. 4) und bey gleichen Massen $c' = \frac{C - c}{2}$. 5) Ist der eine Körper ruhend, oder $c = o$; so ist $c = \frac{MC}{M + m}$. 6) und bey gleichen Massen $= \frac{C}{2}$. Ist M unendlich groſs, daher $m = o$; so wird $c' = C$. 8) und wenn die unendliche Masse ruhet, oder $C = o$; so ist $c' = o$.

Sind die Körper vollkommen elastisch, so werden sie beym Stoſse mit einer Kraft zusammengedrückt, welche der Stärke des Stoſses proportional ist, und mit einer gleichen Kraft müssen sie nach dem Gesetze der vollkommenen Elasticität auseinander getrieben werden. Man kann daher nur die verschiedene Geschwindigkeit eines jeden einzelnen berechnen. Nach den Gesetzen des Stoſses harter Körper wird der eine das Product seiner Masse in die Geschwindigkeit unter beyde Massen vertheilen, oder $c' = \frac{MC}{M + m}$ werden, und indem dadurch der gestoſsene eine seiner Masse und der Geschwindigkeit des stoſsenden proportionale Geschwindigkeit bekommt, diese $= c'' = \frac{mC}{M + m}$ werden, welche von der des stoſsenden abgezogen, die Geschwindigkeit des stoſsenden $c' = \frac{(M - m)\,C}{M + m}$ läſst. Es wird aber m mit einer seiner Masse und Geschwindigkeit proportionalen

Kraft zurückwirken, und indem beyde stoſsende Körper eine dieser Gröſse proportionale Reaction ausüben, welche unter beyde Massen vertheilt werden muſs; so ist dieselbe $= \frac{2\,mc}{M+m}$; mithin bleibt mit Rücksicht auf die Richtung von c für M; $c' = \frac{(M+m)\,C \pm 2\,mc}{M+m}$

$$m;\; c'' = \frac{(m-M)\,c \pm 2\,MC}{m+M}.$$

welches die Hauptgleichungen für den Stoſs elastischer Körper sind.

Hiernach lassen sich folgende vorzügliche Fälle unterscheiden:

1) Ist $M = m$ und c positiv; so ist $c' = c$ und $c'' = C$ oder die Körper bewegen sich mit verwechselten Geschwindigkeiten.

2) Ist $M = m$ und c negativ; so wird $c'' = -c$ und $c'' = -C$ oder die Körper bewegen sich mit verwechselten Geschwindigkeiten rückwärts.

3) Ist $M = m$ und $c = -C$; so ist $c' = -C$ und $c'' = C$, d. h. beyde bewegen sich mit gleicher Geschwindigkeit mit verwechselter Richtung.

4) Ist $c = o$; so wird $c' = C\,\frac{M-m}{M+m}$ oder die Geschwindigkeit des stoſsenden wird so viel gröſser seyn, je gröſser der Ueberschuſs seiner Masse über die des gestoſsenen ist; und $c'' = \frac{2\,MC}{m+M}$, d. h. seine Geschwindigkeit ist im umgekehrten Verhältnisse seiner Masse.

5) Ist hierbey $M = m$; so ist $c' = o$ und $c'' = C$, oder der stoſsende wird ruhen und der gestoſsene mit ganzer Geschwindigkeit sich bewegen.

6) Obwohl das positive und negative Zeichen der Bewegung willkührlich ist, und überhaupt die Bewegung relativ; so läſst sich doch uneigentlich der Fall betrachten, wonach M, die Masse des stoſsenden $< m$ ist. Dann wäre, wenn $c = o$ ist, $c' = -\frac{(m-M)}{m+M}\,C$, d. h. M wird mit gröſserer Geschwindigkeit rückwärts bewegt werden, als m vorwärts, da $c'' = \frac{2\,MC}{m+M}$.

8) Wenn mehrere gleiche Kugeln einander berühren, so wird jede folgende zugleich eine gestoſsene und eine stoſsende seyn, mithin wird die ganze Reihe nach

dem Stofse ruhen, und blofs die letzte abfliegen. Sind die stofsenden Körper $= M; m; \mu$; so wird die Geschwindigkeit der letzteren seyn $= \frac{4 M m C}{(M + m)(m + \mu)} = \frac{4 M C}{M + m + \frac{M \mu}{m} + \mu}$, welcher Bruch am gröfsten ist, wenn der Nenner am kleinsten ist, und dieses findet statt, wenn m die mittlere Proportionale zwischen M und μ ist.

8) Ist $c = o$ und m unendlich grofs, wie bey grossen, ruhenden und unbeweglichen Massen angenommen werden kann; so ist $c' = -C$, d. h. der stofsende Körper wird mit seiner ganzen Geschwindigkeit rückwärts bewegt werden. Dafs $c'' = o$ ist, versteht sich von selbst. Entsteht die Bewegung von M durch den lothrechten Fall; so gäbe dieses bey vollkommen elastischen Körpern ein perpetuum mobile physicum. Wenn man beym Stofse zweyer Kugeln von ungleicher Masse die mindestens um die Hälfte kleinere, mit der Hand festhält, so wird die gröfsere stofsende nicht von ihr zuückspringen, sondern ruhend bleiben. Ist aber die gestofsene gleich grofs oder gröfser; so läfst sie sich mit der Hand so fest halten, dafs die gestofsene zurückspringt.

9) Stofsen zwey oder mehrere sich berührende Kugeln zugleich, so werden von den gestofsenen eine gleiche Anzahl bewegt werden. Die Ursache scheint darin zu liegen, dafs das Anstofsen nicht absolut gleichzeitig, sondern in unmefsbar kleinen Zeitintervallen geschieht.

10) Ist $m = \frac{1}{2} M$ und $c = o$; so ist $M = 1$ gesetzt $c' = \frac{1}{3} C$ und $c'' = \frac{4}{3} C$, beyde Bewegungen positiv. Wenn eine lange Reihe in dem genannten Verhältnisse abnehmender Kugeln einander berühren, und die gröfste stöfst gegen die folgende, so wird ohne Rücksicht auf das Moment der Bewegung, welches dadurch entsteht, dafs M sich mit $\frac{1}{3}$ C weiter zu bewegen gehindert ist, die nte Kugel mit einer Geschwindigkeit von $(\frac{4}{3})^n$ C sich bewegen, wodurch eine ganz ungeheure Geschwindigkeit entsteht, wenn n eine beträchtliche Gröfse hat.

§. 32.

Wenn zwey harte Körper, wovon wenigstens einer elastisch seyn mufs, in schiefer Richtung gegen einander stofsen, so werden sie sich in

schiefer Richtung bewegen. Der einfachste Fall ist, wenn ein solcher bewegter Körper gegen eine ruhende Fläche stöfst, wobey das allgemeine Gesetz gilt, dafs der Einfallswinkel dem Ausfallswinkel gleich ist.

Es sey nach fig. 2. die Ebene AB, der Körper bewege sich in der Richtung αC; so ist dieses die Diagonale der beyden Kräfte $\alpha\beta$ und $\alpha\gamma$. Durch die Rückwirkung der Elasticität wird $\alpha\beta = C\gamma$, und da Ca bleibt; so mufs der Körper die Linie Cb durchlaufen, wobey $u=v$. Dieses Gesetz ist allgemein auch für das Licht und die strahlende Wärme gültig.

§. 33.

Die vorzüglichste bewegende Kraft, welche wir im ganzen Sonnensysteme und auch insbesondere auf unserer Erde wirkend erkennen, ist die Schwere. Sie ist das Resultat der Attraction unserer Erde, welche in Gemäfsheit dieser aller ponderabelen Materie eigenthümlichen Qualität (§. 17.) alle Körper anzieht und gegen sich fallen macht. Die Falllinie mufs demnach, sofern die Erde sphärisch ist, verlängert in das Centrum derselben gehen; die Bewegung aber eine beschleunigte seyn. Auf verschiedene Weise hat man gefunden, dafs die Räume, welche fallende Körper durchlaufen, im directen Verhältnisse des Quadrates der Zeiten stehen, oder $S = t^2 g$.

Die Geschichte der allmäligen Auffindung und Begründung dieser Gesetze ist sehr interessant. S. Fischer I. 44 ff. 270 ff. Copernicus hatte zuerst richtigere Begriffe von der Schwere, als die Scholastiker vor ihm, aber durch Galilei wurden sie begründet, indem er durch die Bewegungen der Kronleuchter im Dome zu Pisa darauf geleitet wurde, und nachher 1602 in seiner Antrittsdissertation die Sache genauer bestimmte.

Wir müssen zuerst zwischen Schwere und Gewicht unterscheiden. Die Schwere ist die Wirkung der Anziehung, und da sie von der Erde ausgeht; so mufs alle Materie gleich schwer seyn. (Ob das Eisen des Magne-

tismus wegen, schwerer als andere Körper sey, verdient untersucht zu werden. S. Schmidt Nat. 49.) Es müssen daher alle Körper gleich schnell fallen, indem durch die Schwere jedes einzelne Atom bewegt wird, und es gleichgültig ist, wie viele Atome in einem Körper und wie nahe sie vereinigt sind. Finden wir aber die Summe dieser schweren Atome durch Messung ihres Druckes gegen eine Unterlage, so erhalten wir das Gewicht des Körpers, welches für sich genommen das absolute, mit dem anderer Körper verglichen aber das relative oder specifische ist. Hat ein Körper n Theilchen, und die Schwere eines jeden ist = w; so ist das Gewicht desselben wn.

Da die Schwere eine Gesammtwirkung aller Theile des Erdballs ist, und wir uns diese in seinem Schwerpunkte (dessen Erklärung s. unten) vereinigt denken können, so würde die verlängerte Falllinie in den Mittelpunkt der Erde treffen. Weil aber die Erde sehr nahe ein Ellipsoid um die kleine Axe ist (sphéroide de revolution) und die Falllinie auf die Tangente an den Punkt, wo der fallende Körper die Erde berührt, normal ist, so lehrt die Geometrie, dafs die verlängerte Falllinie bey 45° am stärksten, u. z. um einen Winkel von 20′ von einer in das Centrum gezogenen Linie abweicht.

Weil die Schwere die Körper anhaltend afficirt, so müssen sie gegen eine Unterlage drücken, und wenn diese weggenommen wird, sich bewegen. Diese Bewegung ist im ersten Zeitmomente = o, im zweyten mufs sie eine gewisse Gröfse erreicht haben, und würde ohne die fortgehende Wirkung der Schwere in dieser Geschwindigkeit beharren. Durch die Fortwirkung der Anziehung mufs die Geschwindigkeit vermehrt werden, und so in einer arithmetischen Reihe fort.

Das jetzt allgemein bekannte Gesetz, dafs die von einem fallenden Körper durchlaufenen Räume sich wie die Quadrate der Zeit verhalten, ist theils durch theoretische Untersuchungen, theils durch die Erfahrung aufgefunden. Die geometrische Demonstration des Galilei ist nach fig. 3. Wenn in der Linie a c die einzelnen Abtheilungen d; e; f; ... die Zeittheilchen, und die normalen d k; e l; ... die zugehörigen Geschwindigkeiten bezeichnen, so werden die Endpunkte der letzteren alle in die Diagonale a b treffen. Angenommen dafs die Zeittheilchen verschwindend klein sind, so werden die Linien unendlich nahe kommen und den ganzen Flächenraum

einnehmen (?). Es werden sich also die Fallräume wie die Flächen verhalten, und da das Dreyeck a d k : Dreyeck a c b = $a d^2 : a c^2$; so verhalten sich die Räume wie die Quadrate der Zeiten.

Besser ist folgende Darstellung. Wenn die Schwere stetig auf den Körper wirkt, so muſs in jedem meſsbaren Zeittheilchen eine meſsbare Zunahme der Geschwindigkeit statt finden, und wenn wir die anfängliche daher = g setzen, so wird am Ende des ersten Zeittheilchens die Geschwindigkeit c = 2 g seyn. Beym Anfange des zweyten Zeittheilchens muſs nach dem Gesetze der Stetigkeit c = 3 g seyn, und wenn die Zunahme nach gleichen Gesetzen weiter geht, am Ende c = 4 g u. s. w. Dieses giebt, die durchlaufenen Räume den Geschwindigkeiten gleichgesetzt, für die

Zeiten 1 . 2 . 3 . 4 n
Räume 1 . 3 . 5 . 7 2n — 1

und die Summe der letzteren = n^2 oder die Summe der Räume ist dem Quadrate der Zeiten gleich.

Den leichtesten und kürzesten Beweis giebt die Differentialrechnung. Daſs c = 2 g sey, ist klar. Wird die Geschwindigkeit durch das nämliche Maſs, als die Zeit gemessen; so ist c = r t. Es gehört aber für das Differential des Raumes = d s ein der Geschwindigkeit proportionales Differential der Zeit, mithin ist $ds = c\,dt$ die Hauptgleichung für beschleunigte Geschwindigkeit. Hierin für c = 2 t substituirt, giebt $ds = 2t\,dt$, und da für s = 0 auch t = 0 wird; so ist das Integral $s = t^2$. Der Erfahrung nach ist der in einer Secunde durchlaufene Raum g nahe 15,1 p. F. Die Geschwindigkeit geht von 0 aus und wächst zu irgend einer Gröſse = c. Mit dem arithmetischen Mittel derselben wäre der Raum in der 1sten Secunde durchlaufen; mithin ist ½ c = 15,1 F. also c = 2 g, und da die Geschwindigkeit der Zeit proportional ist C = 2 g t. Es ist aber $s = t^2 g$, also $t = \sqrt{\frac{s}{g}}$ und aus beyden $\frac{C}{2g} = \sqrt{\frac{s}{g}}$, also $C = 2\sqrt{gs}$ und $s = \frac{C^2}{4g}$ Langsd. Einl. 136.

Durch die Erfahrung suchten Riccioli u. Grimaldi 1640 das von Galilei aufgestellte Gesetz zu bestätigen. Sie lieſsen daher vom Thurme degli Asinelli 8 Unzen schwere Kugeln von Kreide herabfallen, maſsen die Zeit mit einem Pendel für ⅙ Secunden, und fanden daſs für

6 . 12 . 18 . 24 Schwingungen
15 . 60 . 155 . 240 röm. Fuſs Räume gehörten.

Dieses giebt zwar völlig genau das Verhältniſs der Geschwindigkeiten = 1 . 3 . 5 . 7 und die Räume = dem Quadrate der Zeit. Allein die Fehlergrenze lag innerhalb des Zeitmaſses. S. Kästner Anfangsgründe d. Math. IX. 31. ff.

Später sind noch mehrere Versuche, die genügendsten von Benzenberg angestellt. S. dessen lehrreiche Schrift üb. d Umd. d. Erde. Dortmund 1804. Völlige Genauigkeit ist wegen der groſsen Zunahme der Räume und des unvermeidlichen Widerstandes der Luft nicht zu erhalten. Man bedient sich daher lieber der Atwood'schen Fallmaschine, welche aus einem möglichst leicht beweglichen Rade und einer darüber gehenden Schnur mit Gewichten besteht, nebst einem Pendel, um die Zeit zu messen. Indem nun hierbey der Fallraum g des schwereren Gewichtes im directen Verhältniſs des Unterschiedes und im umgekehrten der Summe beyder Gewichte ist, oder $g' = g \frac{P - p}{P + p}$ seyn wird, und man $\frac{P - p}{P + p}$ dem Verschwinden immer näher bringen kann, so lassen sich die Räume hierdurch so vermindern, daſs man die Fallgesetze nach der Formel $S = g \left(\frac{P - p}{P + p}\right) t^2$ hiermit prüfen kann. S. Fischer bey Gilb. XIV. 1. Die genauesten Resultate giebt das Pendel. S. unten.

Anwendungen der Lehre vom Falle der Körper giebt es beym Maschinenwesen eine zahllose Menge. Um sich diese leichter vorzustellen, darf man nur berücksichtigen, daſs die Schwere nie aufhört, die Körper zu afficiren, welche sonstige Bewegung sie auch haben. Wenn daher von einem hohen Thurme auf horizontaler Ebene zugleich eine Kugel in horizontaler Richtung abgeschossen und eine andere losgelassen wäre; so würden beyde in gleichem Zeitmomente den Boden erreichen.

Die Anwendung auf die Wurfbewegung ergiebt 1) wenn ein Körper lothrecht in die Höhe geschossen wird; so ist die gleichförmig verminderte aufsteigende Bewegung = der gleichförmig beschleunigten abwärts fallenden, er wird die doppelte Zeit, als beym freyen Falle ausbleiben, und beym Anfange seiner Bewegung eine gleiche Geschwindigkeit haben, als am Ende derselben.

2) Wird ein Körper unter einem beliebigen Winkel mit dem Horizonte geworfen; so ist die durchlaufene

Bahn eine apollonische oder gemeine Parabel, denn wenn wir die beständige Gröſse $\frac{1}{g}$ = a nennen, die Zeiten = t als die Ordinaten, die Räume als die Abscissen construiren; so ist S a = t^2 die Gleichung für die Parabel. Dieses läſst sich geometrisch construiren, wenn wir bey fig. 4 u. 5. annehmen, daſs der Körper bey gleichbleibender Wurfbewegung in den

Zeiten 1 . 2 . 3 . 4 . . .
die Räume 1 . 3 . 5 . 7 . . . herabfällt.

Man sieht also, daſs es, strenge genommen, keinen Kernschuſs giebt. Die Richtung des Geschützes muſs so seyn, daſs die Kugel während der Zeit ihres Fluges den dieser Zeit proportionalen Raum herabfallen kann. Ist n der Neigungswinkel des Wurfgeschützes, so ist die Zeit des Wurfes im directen Verhältnisse mit der Gröſse desselben, und mit der Geschwindigkeit, also $t = \frac{C \sin. n.}{2g}$ Es ist ferner die gröſste Höhe = t. C. sin. n — $t^2 g$, das ist $\frac{C^2 \sin. n^2}{2g} - \frac{C^2 \sin. n^2}{4g} = \frac{C^2 \sin. n^2}{4g}$. Die Weite des Wurfes ist dem Cosinus des Neigungswinkels direct proportional, und also = 2 t C. cos. n = $\frac{C^2 \sin. n. \cos. n.}{g}$ Es ist demnach die Höhe dem Quadrate des Neigungswinkels, die Weite dem Producte aus dem sin. in den cos. proportional, welches am gröſsten ist für 45°. Robin neue Grunds. d. Art. von Euler. Berl. 1745. Euler mem. de Berl. IX. Lambert ibid. XXI. Kraft nov. act. Petrop. XI. de Borda mem. sur la theorie des proiectiles in hist. de l'Acad. Bezout Abh. üb. d. Kugelbahn. Stuttg. 1782. Le Gendre sur la quest. de ballistique prop. par l'Acad. R. de Prusse pour 1782. Tempelhof Bombard. Pr. Berl. 1781. Erläuterungen von Massenbach. Hal. 1781. Recherches sur les meilleurs effet's a obtenir de l'artillerie par le C. de la Martilliére. 2 vol. Par. 1812. Nach dem letzteren giebt, Beobachtungen zufolge, ein Elevationswinkel von 34° 35′ die gröſste Weite.

§. 34.

Die Schwere nimmt allen Beobachtungen gemäſs ab, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen.

Wir kennen dieses Gesetz bis jetzt blofs aus der Erfahrung. Wäre es zuläfsig, einen eigenen Stoff als Ursache dieser Erscheinungen zu denken, und diesen als vom Centro des anziehenden Körpers ausgehend sich vorzustellen; so würde dasselbe aus einer geometrischen Construction folgen.

Das Gesetz selbst ist sowohl in der Astronomie, als auch in seinen anderweitigen Anwendungen von gröfster Wishtigkeit. Bey einer Kugel vom Rad. $= r$ können wir allgemein setzen $p : p' = r^2 : (r + z)^2$, und die Schwere an der Oberfläche $= 1$ gesetzt, ist sie in der Erhebung $x = \frac{r^2}{(r+x)^2}$. Auch folgt aus den Gesetzen der Attraction, dafs das Gewicht eines Atoms einer Kugel an der Oberfläche am gröfsten, in ihrer Mitte $= 0$ sey. Langsd. Handb. d. Mech. 306. ff. Nennen wir allgemein bey einer Ellipse den Parameter $= p$; die beyden halben Axen $=$ a u. b, die Excentricität $= \frac{a^2 - b^2}{a^2} = c^2$; so ist die Normale Nn (fig. 6.) für das Ellipsoid der Erde die verlängerte Falllinie; und es ist $Nn^2 = \frac{p^2}{1 - e^2 \sin. lat.^2}$ weil ANn durch den Sinus der Breite gemessen wird. Da sich nun die Schwere umgekehrt wie das Quadrat der Entfernungen verhält; so mufs sie unter den Breiten L und $l = \sqrt{1 - e^2 \sin. l^2} : \sqrt{1 - e^2 \sin. L^2}$, also die Schwere unter einer beliebigen Breite zur Schwere unter dem Aequator $= 1 : \sqrt{1 - e^2 \sin. lat.^2}$ seyn. Setzen wir für unsere Erde $a = 3271691'$ $b = 3260964'$, so ist $e^2 = 0{,}00655$, mithin die Schwere unter dem Aequator $= 0{,}99672$ und diesem nach $g = 15{,}08$, mithin nur 0.05 Fufs geringer, als unter dem Pole. Durch die Schwungkraft wird die Schwere unter dem Aequator um 0,052 (S. §. 29.), durch die Ellipticität um 0,05 F. also durch beyde um 0,102 vermindert; und es wird also g unter dem Aequator $= 15{,}008$ unter dem Pole $= 15{,}13$ seyn. Es ist aber $\frac{1}{\sqrt{1 - e^2 \sin. l^2}} = (1 + \frac{1}{2} e^2 \sin. l^2 + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} e^4 \sin. l^4 + \ldots)$ und weil e ein kleiner Bruch ist, so kann man die Zunahme der Schwere $= \frac{1}{2} e^2 \sin. l^2$ setzen, so dafs die Zunahme der Schwere dem Quadrate des sin. der Breite nahe proportional seyn wird. Auch die Vermehrung der Schwere durch Abnahme der Schwungkraft ist dem Quadrate des Sinus der Breite

proportional; und wir können also, mit Beybehaltung dieser Gröfsen, wenn g den Fallraum unter dem Aequator, g' unter einer beliebigen Breite bezeichnet, $g' = g (1 + (0{,}0034495 + 0{,}00327) \sin. lat.^2) = g (1 + 0{,}0067195 \sin. lat.^2)$ setzen. Unter dem 45sten Grade würde hiernach $g = 15{,}058334$ seyn, welches mit den Beobachtungen nahe übereinstimmt. S. Pendel. S. Laplace M. d. H. II. p. 64. Bohnenb. Astr. 639.

§. 35.

Wenn ein Körper zum Theil unterstützt ist, und daher den Gesetzen des freyen Falles nicht folgen kann; so werden die Fallräume für gleiche Zeiten geringer werden, wie wir dieses beym Falle auf der schiefen Ebene sehen.

Wenn (fig. 7.) eine Kugel auf der schiefen Ebene CB herabfällt, deren Neigungswinkel = v ist; so ist cb die Richtungslinie ihres Falles. Sie zerfällt in die Richtungen ce und ca. Da erstere durch den unüberwindlichen Widerstand der Ebene = o wird; so bleibt blofs die letztere, als der Theil der Kraft, womit sie fällt. Es ist aber das Dreyeck cba ähnlich dem Dreyeck CBA, und es verhält sich daher der Fall auf der geneigten Ebene p', zum freyen Falle, p wie ca : cb = CA : CB, d. h. die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge. Es ist aber CA : CB = sin. v, folglich ist $p' = p . \sin. v$.

Folgerungen dieses Gesetzes sind:

1) Wenn eine Last bergan bewegt wird; so wird die dazu erforderliche Kraft seiner ganzen Last, multiplicirt mit dem sinus des Neigungswinkels gleich seyn. Vers. mit dem plano inclin.

2) Die Endgeschwindigkeit $c' = c \sin. v$, d. h. der Körper hat am Ende seines Falles von der geneigten Ebene eine Geschwindigkeit, als wenn er die Höhe derselben herabgefallen wäre.

3) Wenn AD auf CB normal ist; so ist CD : CA = CA : CB, und es wird daher ein Körper in derselben Zeit den Raum CD durchlaufen, in welcher er von C nach A herabfällt.

Anwendungen dieser Lehre finden statt 1) beym Keile, welcher als zwey sich berührende plana inclinata anzusehen ist. Es wird daher, wenn wir die Höhe des Keiles

$= l$, den Winkel der beyden Flächen $= 2v$ nennen, die bewegende Kraft zur Wirkung des Keiles $= \frac{2 \text{tang.} v}{l} : 1$. Langsdorf's Gomphonometer. S. a. a. O. 213. Als Keile lassen sich ansehen: Messer, Beile, Scheeren, Säbel u. a.

2) Bey der Schraube. Sie ist als eine geneigte Ebene anzusehen, welche um eine Walze gelegt ist, und es verhält sich die bewegende Kraft zur Wirkung, wie die Höhe einer Windung zum Umfange der Schraubenspindel. Die feinsten Schrauben sind daher die wirksamsten, wenn das Metall noch hält.

3) Auch der berganlaufende Kegel ist als zwey stark geneigte Ebenen, welche von der Mitte nach den Enden herablaufen, anzusehen, und er wird scheinbar die eine geneigte Ebene hinaufrollen, wenn dieselbe weniger als die andere geneigt ist, und daher bey der Compensirung ein Ueberschufs bleibt. S. Kästner deut. Schr. d. Gött. Societ. B. I.

4) Beym Pendel. Aus der Folgerung 3 geht hervor, dafs (fig. 8.) jeder Körper in der nämlichen Zeit die Chorde DC durchläuft, in welcher er von AC herabfällt. Es wird aber die Chorde DC dem Bogen so viel näher kommen, je kleiner beyde sind, und ein Körper, welcher an einem Faden cD aufgehangen ist, oder ein Pendel kann daher die Chorde DC durchlaufend angesehen werden. Ist nun cC die Länge des Pendels $= L$, die Zeit, in welcher die halbe Schwingung DC vollendet wird $= t$; so ist $t^2 g = 2L$, oder $t = \sqrt{\frac{2L}{g}}$, also für die einfache Schwingung DC + CE ist $t = 2\sqrt{\frac{2L}{g}}$.

Soll dieses allgemeine Gesetz auf das physische Pendel angewandt werden; so ist dabey zu berücksichtigen:

1) die Länge des Pendels, welche, für einen schweren Körper an einem nicht schweren Faden angenommen, nach dem Gewichte der Stange und des aufgehangenen schweren Körpers verschieden ist. Ist (fig. 9.) $AB = \lambda$, das Gewicht der Stange $= P$, des anhängenden Gewichtes, dessen Schwerpunkt in k ist $= p$, das Verhältnifs von $Ak : AB = v : w$; so ist die corrigirte

Länge $l' = \frac{\frac{1}{3}\lambda^2 P + \frac{v^2}{w^2}\lambda^2 p}{\frac{1}{2}\lambda\, P + \frac{v}{w}\lambda\, p}$, d. h. man dividire das Trägheitsmoment des Pendels durch sein statisches Moment. Hier ist die ganze Schwere in k vereinigt gedacht. Wird auf die Form des angehängten schweren Körpers Rücksicht genommen; so ist das zweyte Glied des Zählers bey einer kreisförmigen flachen Scheibe vom Halbmesser $= r = \left(\frac{v^2}{w^2}\lambda^2 + \frac{1}{4} r^2\right) p$ für eine Kugel $= \left(\frac{v^2}{w^2}\lambda^2 + \frac{2}{5} r^2\right) p$ und für eine Linse, wenn wir den Halbmesser der Dicke $= r'$ setzen, welche also aus der Form einer Scheibe um so mehr in die Form einer Kugel übergeht, je mehr $\frac{r'}{r}$ sich der Einheit nähert, $\left(\frac{v^2}{w^2}\lambda^2 + \frac{r^2}{20}\left(8 - 3\frac{r'}{r}\right)\right) p$.

2) Da der Körper des Pendels nicht auf der Chorde bewegt wird, sondern im Bogen; so wird er sich so viel langsamer bewegen, je gröſser die Schwingungsbögen sind. Heiſst der Elongationswinkel $= \alpha$; so ist für den halben Schwung $t = \frac{1}{4}\pi \left(1 + (\frac{1}{2})^2 \frac{\sin. v. \alpha}{2L} + \left(\frac{1\,.\,3}{2\,.\,4}\right)^2 \left(\frac{\sin. v. \alpha}{2L}\right)^2 + \ldots\right) \sqrt{\frac{2L}{g}}$, woraus man sieht, daſs bey der Kleinheit der folgenden Glieder für kleine Bögen $t = \frac{1}{4}\pi \sqrt{\frac{2L}{g}}$, also für den einfachen Schwung $t = \frac{1}{2}\pi \sqrt{\frac{2L}{g}}$ gesetzt werden könne.

Huyghens, der Erfinder des Uhr-Pendels 1656, wollte ihn nicht im Kreise, sondern in der Cycloide schwingen lassen. C. Hugenii horol. oscill. Par. 1673. Vergl. van Swinden in Verhand. van het K. Ned. Instit. cet. te Amst. 1817.

3) Wegen der nach dem Pole hin zunehmenden Schwere (§. 34.) müſste die Länge des Secundenpendels vermehrt werden, und zwar um eine der zunehmenden Schwere proportionale Gröſse, damit das Verhältniſs $\sqrt{\frac{2L}{g}}$ stets gleich bleibe; mithin müſste die corrigirte Länge $L' = L\,(1 + 0{,}0067195 \sin. lat.^2)$ seyn. Weil aber diese Gröſse durch ein bestimmtes Axenverhältniſs ge-

geben ist, welches nicht aus allen Beobachtungen übereinstimmend gefunden wird (Bohnenb. 651.), so stimmt dieselbe mit directen Beobachtungen des Pendels nicht durchaus überein. Eine Menge der genauesten Beobachtungen geben die Länge des Secundenpendels für mittlere Sonnenzeit unter dem Aequator = 439,2066 Lin. und unter dem Pole = 441,5928 Lin. Nach Theorie und Erfahrung ist die Vermehrung dem Quadrat des Sinus der Breite proportional, also die corrigirte Länge in Linien $L' = 439{,}2066 + 2{,}3862 \sin. lat.^2$. Setzt man $\sin. lat.^2 = \frac{1 - \cos. 2 lat.}{2}$; so erhält man $L' = 440{,}3998 - 1{,}1932 \cos. 2 lat.$ und für den 45sten Grad $L = 440{,}3998$ Lin.

Will man bey der einmal angenommenen Normallänge Pendel für verschiedene Zeiten finden; so zeigt die Formel $t : t' = \sqrt{L} : \sqrt{L'}$, daſs die Zeiten den Quadratwurzeln der Länge proportional sind. Anwendungen geben Uhrpendel und der musikalische Taktmesser. S. Leip. mus. Zeit. 1813. 27 u. 48, 1814. 27 u. 41, 1815. 5. Allgem. Anz. d. D. 1814. 77 u. 101.

Aus den Pendellängen findet man am leichtesten die Fallräume, und überzeugt sich, daſs diese dem Quadrate der Zeit proportional sind. Nach der Formel ist nämlich $g = \frac{1}{2} L \frac{\pi^2}{t^2}$ und für 1 Secunde $g = \frac{1}{2} L \pi^2$, wonach der freye Fall in einer Secunde unter dem Aequator = 15,05131 par. F. und unter dem Pole = 15,13314 par. Fuſs unter einer beliebigen Breite $g = 15{,}05131 + 0{,}08183 \sin. lat.^2$ ist. Setzen wir $\sin. lat.^2 = \frac{1 - \cos. 2 lat.}{2}$ so erhalten wir $g = 15{,}092225 - 0{,}040915 \cos. 2 lat.$, wodurch zugleich die Fallhöhe bey $45° = 15{,}093224$ gefunden wird. Nehmen wir diese als Norm an und nennen sie g; g′ aber die corrigirte Gröſse; so ist $g' = g (1 - 0{,}002711 \cos. 2 l.)$ Die bey den Franzosen angenommene Zahl ist $g' = g (1 - 0{,}0027601 \cos. 2 l.)$ con. d. tems l'an. 1816. p. 332. Indem aber die Vermehrung der Fallhöhe in der ersten Secunde unter dem Pole nur 0,08 Fuſs beträgt, so konnte dieser Unterschied durch unmittelbare Beobachtungen fallender Körper nicht aufgefunden werden.

4) Die Schwere nimmt mit der Entfernung über die Oberfläche der Erde ab, und das Pendel muſs daher hierfür corrigirt werden.

5) Alle die genannten Gesetze der Pendelschwingun-

gen sind für den freyen Fall der Körper oder ihre Bewegung in einem nicht Widerstand leistenden Mittel aufgestellt. Es wird daher eine kleine Correction durch den Widerstand der Luft erfordert, worin das physische Pendel schwingt. Bey kleinen Bögen und einem specifisch sehr schweren Körper ist sie unbedeutend, und wird ohnehin durch die linsenförmige Gestalt des Pendels fast ganz überflüſsig. Sonst müssen die gefundenen Pendellängen oder Fallhöhen für den Widerstand und das spec. Gew. der Luft corrigirt werden.

6) Wenn man gleich die Schneide, worauf ein feines Pendel zur Vermeidung der Reibung sich bewegen muſs, möglichst fein macht; so hat sie doch eine gewisse Dicke, und das Pendel bewegt sich auf der Berührungslinie des Gylinders, wovon die Schneide einen Theil ausmacht. Dieses erfordert eine sehr geringe Verkürzung. S. Laplace bey G. LVII. 225.

7) Alle Substanzen, welche man zu Pendelstangen nehmen kann, unterliegen einer Veränderung ihrer Länge; die metallenen am meisten durch den Einfluſs der Temperatur. Man bedient sich daher der rostförmigen Pendel, welche Harrison 1728. erfunden, Graham und Romains 1741 ausgeführt haben. S. fig. 21. Man hat seitdem verschiedene Vorschläge gethan. S. unter andern Bode Jahrb. 1810. G. XXV. 36. Voigt Mag. IV. 699. Martin in Paris compensirt durch zwey Bleche, wie die Unruhe in den Chronometern zu haben pflegen (fig. 10 u. 11.). Clement erfand am Ende 17 sec. Spiralfeder und Unruhe. Poppe Math. Man kann wohlfeil und vortheilhaft Pendel von getrockneten und gefirniſsten Holze machen.

Die Pendel beweisen, daſs alle Materie gleich schwer sey, wie Newton durch Versuche mit Pendeln von verschiedenen Massen zeigte. princ. math. III. pr. VI. theor. 6. Bohnenberger l. l. 417 ff. Schmidt Math. II. 312. ff. Langsdorf l. l. 274. Kästner höhere Mechanik 301. ff. Laplace Mechanik d. H. II. 178.

§. 36.

Bey allen diesen Untersuchungen wird die ganze Schwere der Körper in einem Punkte vereinigt angesehen. Man nennt diesen Punkt den Schwerpunkt, und der muſs zugleich durch seine Bewegung beym freyen Falle eine Linie beschrei-

ben, welche man die Falllinie nennt, deren Richtung durch die Schwere gegeben ist, und welche erst bekannt seyn mufs, wenn die Unterstützung des Körpers bestimmt werden soll. Ein Körper wird nämlich dann nicht fallen können, wenn die Falllinie durch eine wenigstens in drey Punkten unterstützte Ebene geht.

Der Schwerpunkt eines Körpers ist derjenige Punkt, um welchen die einzelnen schweren Theile in gleichen Entfernungen vertheilt sind. Bey einigen Körpern ist es sehr leicht, den Schwerpunkt zu finden, z. B. bey einem Parallelopipedon, einer runden oder vierseitigen Scheibe. Bey einer Kugel liegt er im Centro, und sie mufs daher auf jeder horizontalen Ebene ruhen. Im Allgemeinen ist die Auffindung des Schwerpunktes der verschieden gestalteten Körper nur durch Hülfe der höheren Analysis möglich, und die Schwierigkeit nimmt zu, wenn der Körper aus heterogener Materie von verschiedenem specifischen Gewichte zusammengesetzt ist. Am vollständigsten ist Prony neue Architektura hydraulica übers. von Langsdorf. I. p. 89. ff. Bey vielen Körpern fällt der Schwerpunkt nicht in seine Masse, z. B. beym Eimer, Ringe, Triangel u. s. w. Praktisch kann man den Schwerpunkt vieler Körper leicht finden, wenn man sie auf einer schwereren Flüfsigkeit schwimmen läfst, indem dann die lothrechte Linie ihres Falles durch ihren Schwerpunkt geht.

Die Lehre vom Schwerpunkt kommt vorzüglich in Betrachtung bey allen Bewegungen der Körper, weil diese in derjenigen Bahn geschehend angenommen wird, welche sein Schwerpunkt beschreibt. Ein Körper ruhet, so lange seine Falllinie unterstützt ist, und er kann nur dann fallen, wenn diese über den Unterstützungspunkt hinausgerückt wird. Ist der Körper bey einer geringen Neigung dieser Linie in Bewegung, so beschreibt sein Schwerpunkt um dieselbe einen Kreis, und er wird nicht fallen, so lange diese Bewegung schnell genug ist, um den sinkenden Schwerpunkt zeitig genug an eine andere Stelle zu rücken.

Ein Körper ruhet um so sicherer, je gröfser die ihn tragen[illegible]ne und je weiter sein Schwerpunkt von der [illegible]n entfernt ist. Menschen und Thiere [illegible]er, je gröfser das Trapezium ist, wel- [illegible]tzt, wobey sie durch das Gefühl gelei-

tet, in der Ruhe ihren Schwerpunkt so legen, dafs die Falllinie zwischen die verschiedenen Unterstützungspunkte mit einer ihrer Stärke proportionalen Vertheilung der Entfernungen auf die tragende Fläche gerichtet ist. Bey der Bewegung wird der Schwerpunkt über einen Unterstützungspunkt hinausgerückt und aufs Neue unterstützt. Auf einer grofsen Fertigkeit hierin beruhen die Kunststücke der Seiltänzer und Aequilibristen.

Ist die Unterstützung blofs ein Punkt; so wird der Schwerpunkt leicht über denselben hinausgerückt werden; auch zwey Punkte geben blofs eine unterstützte Linie. (Balanciren leichter und schwerer, hoher und niedriger Körper, Balancirstangen.) Drey Unterstützungspunkte fallen in jede Ebene, unterstützen aber nicht am vollständigsten. Vierrädrige Wagen sind nicht in vier, sondern in zweymal drey Punkten unterstützt, um in jeder Ebene bewegt werden zu können. Ein Körper mufs fallen, wenn sein Schwerpunkt über die Unterstützungsebene hinausgerückt ist. (Fallen beym Gehen und Laufen, Chinesische Puppe, berganlaufender Cylinder, oscillirende Waagebalken, Hedometer oder Perambulator S. Lichtenb. verm. Schr. VI. 161. Lampe des Cardanus, Quecksilberuhr u. s. w.)

Flüfsigkeiten können ihrer Natur nach keinen Schwerpunkt haben. Wird bey einzelnen Massen derselben einer angenommen, so betrachtet man diese als fest.

§. 37.

Ist ein beweglicher fester Körper in irgend einem Punkte so ruhend oder befestigt, dafs seine Theile sich um denselben bewegen können; so geschieht diese Bewegung nach den Gesetzen des Hebels, bey welchem sich der Unterstützungspunkt (Hypomochlion) die Hebelarme und die bewegten Lasten unterscheiden lassen. Das allgemeine Gesetz des Hebels ist, dafs die Lasten sich umgekehrt verhalten, wie die Längen der Hebelarme, oder $Pl = pL$.

Einen mathematischen Hebel nennt man eine unbiegsame Linie, welche um einen Punkt durch gewisse auf ihre Enden wirkende Kräfte beweglich ist. Man unterscheidet dann den einarmigen und den doppelarmigen Hebel, und nennt diesen auch Hebel der ersten, jenen,

Hebel der zweyten Art, ohne in der Anwendung diesen Unterschied immer streng beobachten zu können.

Der Beweis des allgemeinen Gesetzes für den Hebel ist vielfach versucht, z. B. von Archimedes (opp. per J. Barrow I. prop. VI.), Cartesius (tract. de mech. in opusc. posth.), Varignon (nouv. mecanique ou stat. Par. 1725.) u. a. am genügendsten von Kästner (vectis et compos. vir. theoria evid. exp. Lips. 1753.) Am leichtesten begreift man dasselbe, wenn man nach fig. 12. die im Gleichgewichte befindlichen, in gleichen Entfernungen vertheilten Kräfte α, β, γ und a, b, c, d, e in die Summen s und S vereinigt. Dasselbe ist übrigens weiter nichts, als eine specielle Anwendung der Bestimmungen des statischen und mechanischen Momentes der Kräfte (§. 26.) und wenn zwey Körper einander im Gleichgewichte erhalten, wenn die mechanischen Momente ihrer Kräfte einander gleich sind; so folgt hieraus das allgemeine Gesetz des Hebels von selbst (fig. 13), daſs $p \cdot ac = P \cdot bc$ oder $P \cdot b\beta = p \cdot a\alpha$. Der letzte Cartesische Grundsatz, worauf der Erfinder vielen Werth legte, ist in der Anwendung von groſser Wichtigkeit, indem allgemein mit einer kleineren Kraft bey gröſserem Zeitaufwande eine gröſsere Last mit geringerer Geschwindigkeit bewegt werden kann.

Roberval's problema staticum. S. Roberwal's Wage von Hofmann, 1816. 28 S. 4.

Wenn ein Hebelarm einen Winkel mit der Verlängerung der geraden Linie bildet; so ist er als die Diagonale zweyer andern Linien anzusehen, und die statischen Momente der Kräfte werden gleich seyn, wenn (fig. 14) die corrigirte Länge $l' = l$ sin. v. genommen wird. Eben dieses ist der Fall, wenn die Kräfte nicht normal auf die Hebelarme wirken; und das Gleichgewicht der statischen Momente erfordert (fig. 15), daſs L sin. v. P = l sin. w. p. sey. Weil nun sin. v immer kleiner, und endlich dem Verschwinden nahe gebracht werden kann, so führt dieses auf diejenigen Fälle, wo eine ungeheure Kraft eine kleine Last kaum oder gar nicht bewegen kann, z. B. wenn ein langes Seil gerade gespannt werden soll, welches durch sein eigenes oder ein daran hängendes Gewicht niedergezogen wird. Beym physischen Hebel muſs noch das Gewicht der Hebelarme berücksichtigt werden, welches man als im Schwerpunkte jedes Armes vereinigt mit in Rechnung bringen kann.

§. 38.

Die Gesetze des Hebels kommen bey dem gesammten Maschinenwesen in Anwendung, worin die Seilmaschine, der Hebel und die geneigte Ebene Fundamentalmaschinen sind. Am nächsten kommen dieselben in Betrachtung bey dem Hebebaume, der Rolle, dem Rade an der Welle, dem Flaschenzuge, der Waage, dem Rade mit Getriebe, dem Tretrad und der Tretscheibe, und aufser den eigentlichen Maschinen noch bey der Scheere, der Sense, dem Spaten, dem Schubkarren, so wie endlich bey dem Gliederbaue lebender Wesen.

Fundamentalmaschinen nennt man diese, weil aus ihnen fast alle gröfseren und complicirten zusammengesetzt sind. S. Francoeur taité de mecanique p. 97.

Die Heblade macht den Hebebaum nützlich, indem sie eine öftere Wiederholung seiner Wirkungen, und daher eine Summirung der geringen Höhen gestattet, auf welche jener die Last fördert. — Bey der Rolle ist die Richtung der Kraft wegen der Gleichheit der Radien gleichgültig. Beym Rade an der Welle mufs die Dicke des Seiles, wenn es sich mehrmals übereinanlegt, mit in Rechnung gebracht werden. — Flaschenzüge giebt es verschiedene Arten. Bey den gemeinen ist die Kraft gleich der Last dividirt durch die Zahl der Seile, weil sie unter alle Seile gleichmäfsig vertheilt ist. Man legt hierbey die Rollen auch nebeneinander, und am zweckmäfsigsten sind diejenigen, bey denen die eine Flasche fünf, die andere vier Rollen zu je zwey unter einander normal enthält. Beym Potenzflaschenzuge ist die Kraft gleich der Last dividirt durch zwey auf der Potenz, welche der Zahl der Rollen gleich ist. Die Güte einer Wage erfordert, dafs sie richtig sey, welches durch Verwechselung der Gewichte aufgefunden werden kann; und empfindlich. Letzteres sind sie um so mehr, je näher der Unterstützungspunkt dem Schwerpunkte liegt, je geringer das Gewicht des Wagebalkens und je länger seine Arme sind. S. Schmidt Samml. phys. math. Abh. 1793. La Hire mec. 33. Euler com. Pet. X. 1. J. d. ph. XVII. 43. G. XXIX. 153 u. 442. Die feinsten machte Ramsden, S. Young's lect. I. 125., seitdem Men-

delssohn. G. XXIX. 153. Von den Schnellwagen, der römischen und schwedischen. Die Räder sind Sternräder (Stirnräder) oder Kronräder, und ihre Erhabenheiten oder Zähne greifen in die Vertiefungen der Triebstöcke, Trillinge oder Getriebe, woraus sich die Berechnung derselben leicht ergiebt. Die Gestalt der Zähne muſs des bequemen Wälzens wegen die epicycloidische seyn. Man gebraucht sie meistens, um mit groſser Kraft und geringer Geschwindigkeit eine kleine Last mit groſser Geschwindigkeit zu bewegen. Ueber die Kraft der Muskeln S. Borelli de motu animalium. L. B. 1710. 4to. J. Bernoulli medit. de motu musc. L. B. 1710. Desaguliers course of exper. phil. I. 290. Coulomb. bey G. XL. 1. Vom Dynamometer des Regnier. S. G. II. 91.

§. 39.

Um die Gesetze der Bewegung genau und scharf anzugeben, betrachtet man dieselben an sich und ohne Rücksicht auf die aus der physischen Beschaffenheit der Körper entstehenden Hindernisse. Diese sind: Steifheit der Seile, welche nach der Beschaffenheit derselben verschieden ist, Friction oder Reibung, welche im Allgemeinen bey gleichem Drucke der Rauheit der Körper proportional angenommen werden kann; und Widerstand der Mittel, welche wie ihre Dichtigkeit und das Quadrat der Geschwindigkeit des bewegten Körpers zunimmt.

Für die Steifheit der Seile ist die von Karsten aus den Amontonschen Versuchen abgeleitete Formel, $S = \frac{0{,}187\,\delta}{r}\,Q$ völlig genügend, worin S die Steifheit der Seile, δ den Durchmesser des Seiles und r der Rolle, Q aber den das Seil spannenden Widerstand bedeutet. Karsten Lehrbeg. IV. 502.

Ueber die Reibung haben unter andern Parent, de la Hire, Lambert und Euler sehr scharfsinnige theoretische Untersuchungen angestellt, und auſserdem haben vorzüglich Amontons, Desaguliers, Muschenbroeck, Coulomb und Gerstner den Weg der Erfahrung versucht. Eine genaue Angabe des Reibungscoefficienten ist wegen der vielfachen Nebenbedingungen, oder weil wir kein

allgemeines Mafs der Rauheit haben, unmöglich. Dabey kommt aufserdem in Betrachtung, dafs die Reibung durch den Einflufs der Adhäsion vermehrt wird. Im Allgemeinen läfst sich die Sache auf folgende Hauptsätze zurückbringen.

1) Die Stärke der Adhäsion ist der Gröfse der Flächen und ihrer Glätte proportional, weil hierbey so viel mehr Punkte mit einander in Berührung kommen. Daher der grofse Widerstand beym Reiben des Glases. Flüfsigkeiten leisten ohngeachtet der genauen Berührung nur geringen Widerstand wegen der leichten Trennung ihrer Theile.

2) Die Stärke der Reibung bey festen Körpern ist nach Amontons der Last, aber nicht der Fläche proportional, und wird durch die Rauheit der reibenden Körper bestimmt, ohne dafs die Geschwindigkeit eine merkliche Aenderung hervorbringt. Sie steigt nach Gerstner bey mittelmäfsiger Politur nicht über ⅓ der Last, und ist bey geschmierten Körpern

für Eisen auf Eisen	$\frac{1}{6}$		
— — Kupfer	$\frac{1}{8}$	}	der Last.
Holz auf Holz	$\frac{1}{8}$		

Weniger, als nöthig wäre, hat man bey diesen Untersuchungen bis jetzt auf die Stärke des Druckes bey der Reibung verschiedener Körper Rücksicht genommen. S. phil. tr. 1785. p. 172. Bossut mec. §. 256.

Bey geringem Drucke wird der Reibungscoefficient am kleinsten werden, je härter bey vollendeter Politur die reibenden Körper sind.

Verwandelt sich die Bewegung aus einer schleifenden in eine zum Theil oder ganz wälzende, so wird die Reibung viel geringer. Ist die Bewegung zum Theil rollend, wie bey den Axen der Wagenräder, Frictionsrollen u. a.; so mufs sie der Theorie nach im Verhältnisse des Halbmessers der Räder zu dem der Axen abnehmen, wenn wir beyde reibende Flächen als vollkommen eben und hart ansehen. Bey einer absolut rollenden Bewegung auf Walzen und Kugeln müfste die Reibung unter dieser Bedingung ganz verschwinden. Es wird daher (aufser der Adhäsion) nur so viel bleiben, als Kraft erfordert wird, die Last auf die durch das Eindrücken der Körper entstehende geneigte Ebene hinaufzuheben.

Obgleich die Friction bey der Berechnung der Maschinen als ein Hindernifs erscheint, so hat sie doch im Allgemeinen einen sehr grofsen Nutzen.

Desaguliers und Muschenbroeck's Tribometer. Die älteren vielen Schriften über diesen Gegenstand S. bey Gehler. Aufserdem Prony arch. hyd. von Langsdorf, I. 469. ff. Rumford bey G. XXXVIII. 331. Theorie des Fuhrwerks von Kröncke. Giefs. 1802. Metternich vom Widerstande der Reibung. Fr. u. Mainz 1789. Poppe pract Abh. üb. d. Lehre von der Reibung. Gött. 1801. Poppe Encyclopädie des gesammten Maschinenwesens Th. II. und die Werke über die Mechanik.

3) Der Widerstand flüfsiger Mittel entsteht aus der Trägheit derselben, und da durch den bewegten Körper das Medium gleichfalls in Bewegung gesetzt wird, so mufs hiernach, abgesehen von der Form der bewegten Körper, der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit des bewegten Körpers multiplicirt mit dem Dichtigkeitsverhältnifs des widerstehenden zum bewegten gleich seyn. Wären also die Massen mit Rücksicht auf ihre Dichtigkeit $= m'$ und m, die Geschwindigkeit c; so wäre der Widerstand $w = \frac{m}{m'} c^2$. Hierbey wird aber vorausgesetzt, dafs die wegbewegten Flüfsigkeiten ungehindert ausweichen können, welches so viel weniger geschehen kann, je gröfser die Fläche oder der auf die Richtung der Bewegung senkrechte Querschnitt des bewegten Körpers ist. Indem aber angenommen werden kann, dafs die gestofsenen Theilchen von der Mitte nach beyden Seiten hin mit abnehmender Geschwindigkeit ausweichen, dafs ferner die Theile der Flüfsigkeit dem bewegten Körper adhäriren, und dadurch ein Hindernifs der Bewegung erzeugen, imgleichen dafs sie auch der Rückseite des bewegten Körpers adhäriren, und dadurch hinter demselben hergezogen werden, dafs aufserdem elastische Medien bey zunehmender Geschwindigkeit stärker comprimirt und dadurch dichter und elastischer werden; so sieht man, dafs die mannigfaltigen hierbey in Betrachtung kommenden Bedingungen für einzelne Körper kein allgemeines Gesetz zulassen. Nach Hutton course of math. III. 272. ist für den Widerstand r einer eisernen Geschützkugel vom Durchmesser $= d$ und eine Geschwindigkeit $= v$ in avoir du poid Gewicht $r = \frac{d^2}{1000}\left(\frac{2v^2}{300} - v\right)$. Hiernach berechnet er die Höhe, welche eine solche bey einer Geschwindigkeit $= 0$ erreicht für Sexagesimalsecunden, $h = 760\ d$ log.

$\left(\frac{c^2 - 150\,c}{21090\,d} + 1\right)$ wonach eine Kugel von 1,05 ℔, wenn c = 2000 F. ist, nur 2920 F. steigt, statt daſs sie im vacuo sonst 11mal so hoch gehen würde. Setzt man das Gewicht der Kugel dem Widerstande gleich, also $0{,}5236\,d^3 = \frac{d^2}{1000}\left(\frac{2\,v^2}{300} - v\right)$ so läſst sich aus der quadratischen Gleichung die Endgeschwindigkeit = v finden. Sie ist für eine Kugel von 1 ℔ = 244 Fuſs, von 42 ℔ = 456 F. u. s. w.

Ricochettiren der auf Wasser geschossenen Kugeln. Schlagen auf Wasser. Ruder und Flügel der Vögel. Fallschirm. Wasserhammer. In einer langen Röhre mit Wasser fällt eine Bleykugel mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Der Fall des Ducaten und der Flaumfeder im vacuo. Verminderte Geschwindigkeit der Geschützkugeln. Vergl. §. 32.

Die Literatur S. Gehler. Auſserdem Lambert in Mem. de Berl. 1765. p. 102. Bossut Hydrodynamik üb. v. Langsdorf II. 298. ff. Wiebeking Wasserbaukunst II. Prechtl bey G. XXIII. 129.

B) Hydrostatik und Hydraulik.

§. 40.

Alle tropfbaren Flüſsigkeiten müssen nach dem Gesetze der Schwere im Zustande der Ruhe die Form der Gefäſse annehmen, worin sie sich befinden, und ihre Oberfläche muſs mit der Oberfläche des ganz eben gedachten Ellipsoids der Erde parallel laufen.

Meerhorizont, künstliche Horizonte, Libellen.

§. 41.

Indem dieses Niveau durch willkührlich gestaltete Grenzen, worin man einzelne Massen eingeschlossen sich vorzustellen berechtigt ist, nicht abgeändert wird, so folgt hieraus der gleiche Stand tropfbarer Flüſsigkeiten in communiciren-

den Röhren, und mit Rücksicht auf das Gewicht der eingeschlossenen Massen das Gesetz ihres Druckes gleich dem Producte der Basis in die Höhe bis zum Wasserspiegel.

Das Cartesische allgemeine Gesetz für Hebel läfst sich sehr gut auf den gleichen Stand der Flüfsigkeiten in communic. Röhren anwenden. Der Druck gegen die Bodenfläche eines Gefäfses ist daher dem Gewichte einer Wassermasse von der gegebenen Höhe und Grundfläche gleich, mithin geringer in einem Gefäfse wie fig. 18, als wie fig. 19. Der lothrechte Druck gegen die gesammten Wände aber ist dem Gewichte des Wassers gleich.

Der Druck des Wassers gegen eine rechtwinkliche Fläche, deren obere Grenze eine Tiefe $= v$, die untere eine Tiefe $= h$ unter dem Wasserspiegel hat, deren Grundlinie $= b$ ist, das Gewicht eines Cubus Wasser $= K$ erleidet einen Druck $P = \frac{1}{2} (h^2 - v^2) \, b K$. Ist $v = 0$; so ist $P = \frac{1}{2} h^2 b K$, also verhält sich der Druck wie das Quadrat der Höhe unter dem Wasserspiegel. Ist die Tiefe des Mittelpunkts einer Kreisfläche unter dem Wasserspiegel $= a$, ihr Durchmesser $= D$; so ist $P = 0{,}785 \, a D^2 K$. S. Langsd. Mech. 68.

Anwendungen hiervon geben die Canalwaage, s'Gravesande's follis hydrostaticus S. el. phys. I. p. 415. §. 1451. und Boyle's gläserner Cylinder mit einer beweglichen Bodenplatte ib. 428. §. 1508. Wolfs sypho anatomicus und der tubus Volderianus S. elem. math. II. p. 330 u. 331. Die Real'che Presse. S. Geiger Beschr. d. R. Presse. Heid. 1817. welche auch mit einem Druckwerke versehen werden kann. Bramah's hydraulische Presse. S. G. LX. 1.

Druck des Wassers gegen die Brust und gegen schwimmende Körper, welcher in gröfseren Tiefen die stärksten Bouteillen zerdrückt; gegen Schleusen; Heben der Teiche grofser Ströme u. s. w. Aus dem nach allen Seiten gleichen Drucke der Flüfsigkeiten ist es erklärlich, dafs zerbrechliche, von demselben ganz umgebene Körper nicht zerdrückt werden.

§. 42.

Wenn der eine Schenkel communicirender Röhren abgeschnitten ist, so müfste das Wasser aus demselben eigentlich zur Höhe des vorigen

Standes springen. Durch den Widerstand der Luft, Adhäsion des Wassers an den Wänden und den Gegendruck des herabfallenden Wassers wird diese Höhe um eine schwer zu bestimmende Gröfse vermindert.

Die zur Erlangung der höchsten Sprunghöhe $= h$ erforderlichen Bedingungen können nur durch viele und genaue Versuche ausgemittelt werden. Nach Mariotte's Gesetze, welches durch andere Gelehrte bestätigt wurde, ist die Fallhöhe $= H$ bey hinlänglicher Weite der Röhre und gehöriger Proportion der Ausgufsöffnung

1) wenn letztere aus einem durchlöcherten Bleche besteht, $H = h + \frac{h^2}{300}$, also $h = -150 + \sqrt{(300 H + 22500)}$.

2) bey einem Aufsatzrohre ist $h = -100 + \sqrt{(133 H + 10000)}$. Beyde im Allgemeinen genügenden Formeln verbessert Langsd. indem er $h = -150 + \sqrt{\left(22500 + \frac{300 H}{N}\right)}$ setzt, wenn für 1, $N = \left(0,205 + 0,0095 \frac{\lambda}{d}\right) \frac{\varepsilon^2}{\omega^2} + 1$ für 2 aber $N = \left(0,538 + \frac{0,025 \lambda}{d}\right) \frac{\varepsilon^2}{\omega^2} + 1,538$ genommen wird. Hierin ist λ die Länge der Röhrenleitung d ihr Durchmesser, ω die Weite der Röhrenleitung, und ε die Oeffnungsfläche derselben beym Ausflusse. S. Einleit. S. 194.

Erwähnung einiger der vorzüglichsten natürlichen und künstlichen Springbrunnen. Vergl. Switzer Introduction to hydrostaticks and Hydraulicks. 1729. 2 vol. 4.

§. 43.

In einem ruhenden, mit gleichartiger Flüssigkeit angefüllten Gefäfse werden alle einzeln genommenen Quantitäten derselben in Ruhe seyn, weil der gesammte unter sich gleiche Gegendruck gleichhoher Wassersäulen (§. 41.) dieses Gleichgewicht hervorbringt, und das Gewicht einer jeden einzeln genommenen Quantität der Flüfsigkeit aufhebt. Da diese Erscheinung nicht auf der eigenthümlichen Beschaffenheit irgend einer

Flüſsigkeit, sondern auf der Statik der Flüſsigkeiten überhaupt beruhet; so folgt

1) daſs ungleichartige Flüſsigkeiten nach ihrem respectiven oder specifischen Gewichte über einander stehen,

2) daſs jeder Körper in jeder Flüſsigkeit nach dem Verhältniſs ihrer beyderseitigen Gewichte mehr als ganz, ganz oder zum Theil getragen wird.

Beyspiele zu 1 giebt das Elementenglas aus Quecksilber, Weinsteinöl, Weingeist und Petroleum; imgleichen das passevin, od. Verwandlung d. Wassers in Wein. Auch folgt daraus, daſs die Höhen ungleicher Flüſsigkeiten in communicirenden Röhren sich umgekehrt wie ihre specif. Gewichte verhalten müssen.

Aus 2 folgen die gesammten Gesetze des statischen Schwimmens und des specifischen Gewichts der Körper. Ein jeder Körper sinkt in einer Flüſsigkeit bloſs mit seinem respectiven Gewichte, und es muſs wegen Mangel an Reibung stets die durch seinen Schwerpunkt und durch den Schwerpunkt der aus ihrer Stelle verdrängten flüſsigen Masse gehende Linie lothrecht seyn, wenn er ruhen soll. S. Langsd. mech. Wiss. 129. Hierauf beruhen die Regeln der Schiffbaukunst und ihrer vortheilhaftesten Belastung. S. D. Braubach practisch-theor. Handb. zur Erlernung d. Manoeuvres und der Construction der Seeschiffe. Brem. 1810. Dessen Beyträge zur Erweiterung d. Kenntniſs d. Seewissensch. 1805 u. 7.

Jeder leichtere Körper sinkt nicht ganz, sondern zum Theil im Wasser unter, und man kann bey bekanntem specif. Gewichte aus der Gröſse des überstehenden Theiles auf die Gröſse des ganzen Körpers, oder bey bekannter Gröſse aus dem hervorragenden Theile auf das spec. Gew. schlieſsen.

Körper, welche aus specifisch schwereren Materien gemacht sind, schwimmen durch die Kleinheit ihrer Masse, welche die Flüſsigkeiten nicht zu bewegen vermag; oder durch das Einschlieſsen der leichteren Luft, (relatives Gewicht der Körper); oder durch Verbindung mit specif. leichteren Körpern. — Goldblättchen, Pontons, Schiffe, Bouteillen, Holz, cartesianische Teufelchen, Schwimmwesten und Rettungsbote von Kork u. s. w. S. Hoyer Vers. eines Handb. d. Pontonirwissensch.

in Absicht ihrer Anwendung zum Feldgebrauch. 3 Th. Leipz. 1793. Die Senkwaagen von Tralles u. Champion. G. XXX. 384.

Fast alle Thiere sind specif. leichter als das Wasser, und schwimmen leichter als der Mensch. Dieser ist im Mittel etwas weniges spec. schwerer, als das Wasser, und sein Schwimmen ist ein künstliches, mechanisches Schwimmen. Ausnahmen machen sehr corpulente Personen, als Paolo Moccia.

Von der Kunst des Wassertretens, den Bemühungen des H. Pelt in Copenhagen, des H. Haſsler in Imnitz, des H. Foulton und d. Gebr. Coessin S. bulletin de la soc. d'encouragement cah. 82. arch. des dec. 1811.

Borelli de motu animalium p. 210 sqq. Oronzio de Bernardi l'uomo galleggiante Neap. 1794. Bachstrom Kunst zu schwimmen. Berl. 1742.

§. 44.

Wegen des angegebenen statischen Verhaltens der Flüſsigkeiten überhaupt und weil man insbesondere das Wasser ganz rein sowohl leicht als in Menge erhalten kann, hat man dasselbe bey der Bestimmung des specifischen Gewichtes aller Körper als Einheit angenommen, um vermittelst der hydrostatischen Waage oder der Aräometer sowohl das specifische Gewicht der flüſsigen und festen Körper als auch das absolute Gewicht eines gewissen Volumens fester Körper zu bestimmen.

Die vorzüglichsten Werkzeuge, deren man sich hierzu bedient, sind:

1) die hydrostatische Waage unterscheidet sich von der gewöhnlichen durch eine Vorrichtung zum Höherstellen und durch kleine Haken an den Waagschaalen zum Aufhängen der Körper, und ist meistens mit einem hydrostatischen Apparate verbunden. Diese Waagen geben die genauesten Resultate, sind aber kostbar und mühsam zu behandeln. S. Brander Beschreib. einer neuen hydrost. Waage. Augsb. 1771. 8.

2) Hombergs Aräometer, nach Hassenfratz, Arnim, G. I. 418 und Wagenmann S. Hermst. Büllet. 1810. VI. 1. 22. Journ. d. Fabr. 1811. H. 2. annal. d. arts et d. man.

cah. 122. Parrot I. 301. In wenig veränderter Gestalt ist das nämliche Instrument von Schmeißer vorgeschlagen. S. Licht. Mag. IX. 97. am zweckmäßigsten eingerichtet, und Pyknometer genannt von Meisner. S. Araeom. 47.

3) Aräometer mit veränderlichen Gewichten. Dahin gehören das Nicholsonsche. Gren. V. 502. welches für Mineralien vorzüglich brauchbar ist. Hauy Mineral. übers. von Karsten. I. 283. und das Fahrenheitsche nach der Verbesserung von Schmidt. Gren. VII. 186.

4) Aräometer mit festen Scalen, welche von den genauesten bis zu den gemeinsten Salzspindeln, Bier- und Brandeweinwaagen in großer Menge gebraucht werden. Einige der bekanntesten sind von Muschenbroeck S. Introd. II. 1384, von Beamé S. Prechtl Chem. I. 30. von Brisson. S. dict. d. ph. art. araeom. Bentely S. Tromsd. J. d. Ph. VIII. 177. IX. 17. von Cartier u. Barré d'Orleans J. d. ph. an XII. p. 432. Guyton. S. ann. de chim. XXI. 3. Lavigné, archiv. des dec. p. 271. Richter S. üb. d. neueren Gegenst. d. Chem. St. 5. S. 51. Bresl. 1795. Atkins S. G. XXXVIII. 432 vorzüglich von Tralles S. ib 348 und von Meißner. S. dessen Aräometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik. 1 Th. Wien 1816. fol. S. 133.

Um das specifische Gewicht eines festen Körpers zu bestimmen, dividirt man seinen Gewichtsverlust im Wasser in sein absolutes Gewicht. Ist daher ersteres p, letzteres = P; so ist sein spec. Gew. $p' = \frac{P}{p}$. Dieses giebt hinlängliche Genauigkeit, wenn die Abwägung bey mittlerem Barometerstande und einer Temperatur von etwa 15° C. geschieht. Zur vollkommenen Genauigkeit aber muß 1) das Wasser auf den Punkt der größten Dichtigkeit corrigirt werden. Heißt demnach der Coefficient für die Ausdehnung des Wassers durch Wärme λ; so ist $p' = \frac{P}{p\frac{1}{\lambda}} = \frac{P}{p''}$. S. §. 85. 2) Da der Körper bey der Bestimmung seines absoluten Gewichtes in der atmosphärischen Luft gewogen wird; so ist p' zu klein; und muß daher, wenn der Coefficient des Dichtigkeitsverhältnisses von Luft gegen Wasser w heißt, $p' = \frac{P}{p''}(1 + w)$ seyn. S. §. 54.

3) Weil auch der feste Körper durch Wärme ausgedehnt wird, so müßte hiernach P corrigirt werden,

wenn nicht diese Gröſse als verschwindend zu betrachten wäre.

4) Der Drath, am besten von Platin, woran der Körper aufgehangen ist, muſs hinsichtlich seines absoluten Gewichtes und seines Gewichtsverlustes im Wasser tarirt werden.

Sind Körper im Wasser auflöslich; so wiegt man sie in anderen Flüſsigkeiten, und corrigirt das so gefundene relative Gewicht durch Multiplication mit dem Dichtigkeits-Quotienten beyder Flüſsigkeiten. Vergl. Tralles bey G. XXVII. 261.

Da fast aller Körper kleinste Theile schwerer sind als das Wasser; so kann sich das spec. Gewicht bloſs auf den gewöhnlichen Zustand der Körper beziehen. Sägemehl und feinster Feilstaub von Kork sinken im Wasser unter.

Um das spec. G. einer Flüſsigkeit zu finden, wäge man irgend einen hierzu geeigneten Körper im Wasser, dann in der Flüſsigkeit. Der Gewichtsverlust des ersteren in letzteres dividirt giebt $p' = \frac{P}{p}$. Es giebt hinreichende Genauigkeit, wenn dieses in der genannten mittleren Temperatur geschieht. Nimmt man auf die ungleiche Ausdehnung der Flüſsigkeiten Rücksicht; so wird $p' = \frac{P\lambda}{p\lambda'}$, wenn λ' den Dichtigkeits-Coefficienten der untersuchten Flüſsigkeit bezeichnet. Indeſs ist λ' für dio wenigsten Flüſsigkeiten schon jetzt mit Genauigkeit aufgefunden. S. §. 85.

Für Technologie und Oeconomie sind einfache, haltbare und leicht empirisch zu behandelnde Werkzeuge am meisten zu empfehlen, und als Temperatur diejenige, welche in tiefen Kellern oder Brunnen fast stets gleichbleibend ist.

Die Bestimmung des absoluten Gewichtes eines gewissen Volumens Wasser sucht man deswegen zur gröſsten Genauigkeit zu bringen, weil sie der Gewichtsbestimmung aller andern Massen zur Norm dient. Solche Normalbestimmungen sind in vielen Staaten bereits eingeführt. Nach d. französ. Normalbestimmung wiegt ein Cubik-Decimeter Wasser bey 4° C. 1 gramme und ein Kilogramme = 2 ℔ 5 gros 35 grains altfr. Gew. S. connaissance de tems l'an X. Hauy Phys. I. p. 104. Nach d. preuſs. Normalbestimmung wiegt ein Brandenb. oder rheinl. Cub. Zoll 288,21 gran Med. Gew. Es sind aber

5 gr. Med. G. = 87 Richtpftl. Cöln. und 1 Unze franz. Markgew. = 8575,36 Richtpft. S. Eytelwein Vergleichung der in d. Preufs. Staaten eingef. Maafse u. Gew. Berl. 1798. nebst den Nachträgen dazu.

Nach der in Würtemberg angenommenen Bestimmung hat d. würtemb. Fufs 127 par. Lin. und es wiegt ein Cub. F. Regenw. bey 11° R. 50 ℔ 6 Lt. 0 qt. 12 gr. Cöln. S. Tüb. Bl. I. 51.

Nach der österreichischen gesetzlichen Bestimmung ist die Wiener Klafter = 1896,614 millim. oder 1000 Toisen = 1027,64 Klaftern. Die Wiener Mark = 280644 milligr. Ein Pfund Apothek. G. von 12 Unzen oder 24 Lt. Handelsgewicht = 420009 milligr. S. Neumann I. 518 ff. Ueber Bayersche u. Badensche Mafse u. Gewichte S. Allg. Handlungszeit. 1813. 521 — 542. Vergl. Neueste Geld- Münz- Mafs- und Gewichtskunde. 2te Aufl. Nürnb. 1819. 4to.

§. 45.

Man kann aus dem bekannten spec. Gewichte der Körper durch das Wägen im Wasser oft ihre Reinheit erforschen. Sind aber Körper gemischt; so wird die Dichtigkeit ihrer Bestandtheile zu sehr verändert, als dafs man aus dem sp. G. des Ganzen das quantitative Verhältnifs der Theile ausmitteln könnte.

Hierher gehört die Archimedische Wasserprobe. S. Vitruv de arch. VIII. 3. p. 204 ed. Rode. Es sey das Gewicht einer zusammengeschmolzenen Metallmasse p. Sie enthalte von A an Gewicht x von C = p — x. Wenn p aus A allein bestände, so verlöre es im Wasser a; bestände es aus C; so verlöre es c. Der Verlust ist b; so ist $x = \frac{b-c}{a-c}\,p$.

Viele Gelehrte haben die Bestandtheile der meistens eine Verdichtung erleidenden Mischungen aus der Dichtigkeit derselben theoretisch oder empirisch zu bestimmen gesucht, ohne dieses mit völliger Zuversicht erreicht zu haben. Z. B. Lambert für Kochsalzauflösungen. Mem. de l'acad. de Berl. XVIII. 27. Gilpin für Alcohol und Wasser phil. trans. 1794. I. 275. Lowitz in Crell chem. Ann. 1796. Bd. I. Vergl. Gren n. J. a. v. O. Richter in Stöchiometrie Bd. II et III. Ueber verschie-

dene andere Auflösungen S. dessen Abhandl. über die neueren Gegenstände der Chymie. Ueber die Mischung des Zinnbleyes von Wucherer 1817. Besonders Meisner a. a. O. Bey ebendemselben sind reichhaltige Tabellen über die sp. Gew. d. versch. Körper. Aeltere in Brisson pesanteur spec. des corps. Par. 1787. Deutsch von Blumhof. Gött. 1795.

§. 46.

Wenn der Druck der Flüſsigkeiten gegen die Wände der Gefäſse an einigen Stellen durch Oeffnungen in denselben aufgehoben wird; so muſs hierdurch eine Reaction nach der entgegengesetzten Seite entstehen.

Die Stärke der Wirkung gegen die gegenüberstehende Wand ist im zusammengesetzten Verhältnisse der Gröſse der Oefnung und ihrer Tiefe unter dem Wasserspiegel; und wenn der Einfluſs der zugleich entstehenden Reaction des ausflieſsenden Wassers berücksichtigt wird; so ist der Druck bey einer Oefnung $= w$ und einer Höhe $H = 2Hw$, unabgesehen auf die Schwungbewegung hierdurch getriebener Maschinen, und den Gegendruck der Luft, worin sich der Wasserstrahl bewegt. Langsd. Hdb. I. 171. Euler in acad. de Berl. 1751. Segners Wasserrad. Mem. de Berl. 1750. 311. 1754. 227. Com. Pet. VI. 312. Barkers Mühle ohne Rad u. Drilling.

§. 47.

Obwohl das Wasser, so wie alle Flüſsigkeiten bey seiner Bewegung den allgemeinen Gesetzen der Schwere unterworfen ist, und den Hindernissen der Reibung (S. unten) nicht unterliegt; so wird doch die Anwendung dieser Gesetze in der Wirklichkeit durch mannigfaltige Bedingungen modificirt, welche aus der Adhäsion desselben an die Wände der Gefäſse, dem Gegendrucke der seitwärts drückenden Wassersäulen und andern Hindernissen der Bewegung entstehen. Es zeigt sich dieses vorzüglich beym Abflusse desselben aus Gefäſsen, und bey seiner Bewegung in verschlossenen und offenen Canälen.

Das Wasser in Flufsbetten bewegt sich auf der geneigten Ebene, erhält aber keineswegs die Endgeschwindigkeit, welche es hiernach erhalten müfste. Dabey kommt auch der Widerstand in Betrachtung, welcher durch die gekrümmte Richtung entsteht.

Fliefst Wasser durch eine Oefnung aus einem stets gleichbleibend gefüllten Gefäfse; so drücken die Wassersäulen seitwärts gegen den auslaufenden Strahl, und bewirken eine Verminderung desselben, welche bey dünnen Platten stärker ist, als bey kurzen Ansatzröhren, und meistens um den Durchmesser der Oefnung unter derselben liegt. Uebrigens mufs die Menge des abfliessenden Wassers eine Function der Geschwindigkeit $= c = 2\sqrt{gs}$ (§. 33.) und der Gröfse der Oefnung direct proportional seyn. Ist nun H die senkrechte Höhe über dem Mittelpunkte der Oefnung, α die Fläche der Oefnung, durch welche das Wasser abfliefst, und M die Menge desselben für eine Secunde; so ist nach Langsd. nahe genau

1) für Oefnungen in einer dünnen Platte $M = 0{,}62\ \alpha\ 2\sqrt{gH}$.

2) für kurze Ansatzröhren oder dicke Wände $M = 0{,}8\ \alpha\ 2\sqrt{gH}$. Einl. 190. Venturi's Versuche S. G. II. 418. III. 41. Eytelwein's ebend. VII. 295. Die Bewegungsgesetze des Wassers in Röhren, Canälen und Flufsbetten sind sehr zusammengesetzt, und gehören in die höhere Hydraulik. Merkwürdig ist das Gesetz, dafs durch Temperatur-Erhöhung die Adhäsion der Flüfsigkeiten an die Wände der Röhren bey den verschiedenen Flüfsigkeiten um eine verschiedene Gröfse vermindert wird. S. Gerstner bey G. V. 160. Girard An. de chim. IV. 164.

Das bewegte Wasser setzt andere Körper wieder in Bewegung, und wird in dieser Hinsicht für zahlreiche Maschinen benutzt. Hierbey wirkt dasselbe nach mechanischen Prinzipien durch seine Masse und die Geschwindigkeit seiner Bewegung, wofür die höhere Mechanik die allgemeine Gleichung $\frac{m\,d\,c}{2g} = p\,d\,t$ giebt, wenn m die Masse und p ihre bewegende Kraft bezeichnet. Fast blofs durch sein Gewicht wirkt dasselbe bey oberschlächtigen Wasserrädern, vorzüglich durch seine Masse und geringere Bewegung bey den im freyen Flufsbette angebrachten Mühlen, durch verstärkte Geschwindigkeit bey unterschlächtigen Rädern, wobey seine Geschwindigkeit

aus der Höhe seines Falles berechnet werden mufs. Vom Wasserstofse. Vergl. Arzberger bey G. XLIV. 430.

Vorzüglich kommen die Bewegungsgesetze des Wassers bey denjenigen Erscheinungen in Anwendung, wo dasselbe als oscillirend anzunehmen ist, namentlich beym Wellenschlage, deren Bewegungen sich auf Pendelschwingungen zurückführen lassen. S. Gerstner bey G. XXXIII. 412.

Aehnliche Erscheinungen zeigen sich, wenn das Wasser in Röhren eingeschlossen, oder in Gefäfsen in Bewegung gesetzt wird, z. B. die Seiches, G. XXXIII. 355. Die hohe Fluth in Häfen, Strommündungen und Canälen; das sogenannte Rastern und der Mascaret in der Dordogne G. XXXIII. 407. Die Sprungkegel nach Dan. Bernoulli hydrod. 132. u. Parrot I. 393. und in nützlichster Anwendung beym hydraulischen Widder. S. Eytelwein Bemerkungen üb. d. Wirkung u. vortheilhafte Anwendung des Stofshebers. Berl. 1805. Langsdorf in Münchener Denkschriften für 1809 u. 10. Wrede Grundrifs einer Theorie des Stofshebers. Berl. 1815.

Ausführliche Erläuterungen dieser Gegenstände giebt die Hydraulik, deren Literatur in den angegebenen literärischen Werken nachzusehen ist.

C) Aerometrie.

§. 48.

Die atmosphärische Luft, welche die Erdkugel umgiebt, und wegen ihrer Schwere als integrirender Theil sie bey ihrer Bewegung im Weltraume nicht verläfst, ist eine schwere und zugleich expansibele Flüfsigkeit, welche als solche sowohl statisch als auch mechanisch wirkt. Die Erscheinungen, welche aus dem Ersteren folgen, lassen sich unter der Aerostatik begreifen; diejenigen, welche aus dem Letzteren abgeleitet werden, wollen wir unter der Pneumatik zusammenstellen.

Von der Anwesenheit der atm. Luft und der ihnen ähnlichen Expansibilien (S. §. 21.) überzeugt uns ihr

Widerstand gegen Körper, welche in sie eindringen wollen, vor allen die Taucherglocke S. mem. sur une nouvelle machine a plonger, appellé Triton. par F. de Drieberg. Par. 1811., so wie die Kraftäufserung derselben bey ihrer Bewegung.

Die nämlichen Gesetze, welche hier über die atmosphärische Luft aufgestellt werden, sind auf alle Expansibilien, namentlich die Gasarten und Dämpfe, anwendbar.

1) Aerostatik.

§. 49.

Vermöge der Schwere mufs die Luft gegen alle Körper einen Druck ausüben, welcher dem Gewichte einer Wasser- oder Quecksilber-Säule von der gegebenen Fläche und einer dem Dichtigkeitsverhältnisse beyder umgekehrt proportionalen Höhe gleich ist.

Dieser aus der Theorie gefolgerte Satz zeigt sich in der Erfahrung vielfach durch den Gegendruck der Luft gegen andere Flüfsigkeiten, welche aus den Gefäfsen nicht ausfliefsen können, wenn die spec. leichtere Luft nicht nach statischen Gesetzen ihren Platz über denselben einnehmen kann; z. B. beym Ausgiefsen aus Gläsern mit sehr enger Mündung und beym Füllen derselben; bey Fässern mit verschlossenem Spuntloch, beym Stechheber; der Nicolaischen Reise-Schreibfeder; den Lampen des Cardanus; den künstlichen Dintefässern. Auch beruhen hierauf mehrere Künsteleyen, als der magische Trichter, Sturms intermittirender Brunnen, das Sieb der Vestalinnen, der Oelkrug der Wittwe zu Zarpath, die Zauberkanne u. a. m.

Die Stärke dieses Luftdruckes, dessen Wirkungen man früher einem horror vacui zuschrieb, wurde von Evangelista Torricelli 1643. mit einer Röhre voll Quecksilber gemessen, und 1648. von Pascal dadurch bestätigt gefunden, dafs sein Schwager Perrier diesen Druck auf dem Puy de Dome geringer fand. Die sogenannte Torricellische Röhre, welche in gröfserer Vollendung zum Barometer geworden ist, giebt daher zu allen Zeiten und an allen Orten die Stärke dieses Luftdruckes an. Wird daher aus Gefäfsen von willkührlicher Gestalt, wenn sie in Flüfsigkeiten eingetaucht sind, die Luft weg-

genommen, so müssen diese nach den Gesetzen der communicirenden Röhren zu einer ihrem spec. Gew. umgekehrt proportionalen Höhe hinaufgedrückt werden. Man sieht dieses an der torricellischen Röhre, dem Wasserbarometer, den Saugpumpen, dem Hygroclimax von Achard und Scannegatti (ursprünglich Muschenbroek's Erfindung). Lichtenb. Mag. I. 45. Muschenbr. Int. II. §. 1395. u. a. Vorrichtungen.

§. 50.

Das wesentlichste Werkzeug, vermittelst dessen die Gesetze der Luft deutlich gemacht werden, ist die Luftpumpe. Sie besteht im Allgemeinen aus einem metallenen oder gläsernen Stiefel, welcher durch einen beweglichen Embolus luftleer gemacht wird. Der aus dem zu exantlirenden Gefäſse in denselben eindringenden Luft wird durch einen Hahn oder durch ein Ventil irgend einer Art der Rückweg in das Gefäſs abgeschnitten, und durch eine ähnliche Vorrichtung wird dieselbe aus dem Stiefel fortgeschafft, wodurch das sogenannte Guerickische Vacuum dem absoluten oder Torricellischen stets näher gebracht, aber nie völlig gleich gemacht wird. Auf gleiche Weise kann man in ähnlichen Maschinen die vorhandene Luft in einem Gefäſse zusammendrücken und den Stiefel aufs Neue füllen, so lange die Stärke des Apparates dieses gestattet. Der Grad der Verdünnung im Gefäſse, dessen Inhalt V ist, giebt bey einem Stiefel vom Inhalte = v bey n Kolbenzügen die Formel $x = \left(\frac{V}{V+v}\right)^n$. Bey der Verdichtung ist $x = \frac{V+nv}{V}$. Beyde müſsten für eine unendliche Menge Kolbenzüge unendlich werden, allein mehrfache Hindernisse lassen wenigstens bey der Verdünnung eine gewisse Grenze nicht überschreiten.

Die Kenntniſs der Torricellischen Leere gab Veranlassung zu den Untersuchungen des Verhaltens der Körper im luftverdünnten Raume. Die erste für diesen Zweck brauchbare Maschine zeigte Otto v. Guericke 1654 in Regensburg, S. Ottonis de Guericke exper. nova Magdeburgica de vacuo spatio. Amst 1672. fol. Sie wurde durch Caspar Schott dem Robert Boyle bekannt, welcher nebst Dr. Hook ihr eine verbesserte Gestalt gab, und daher oft unrichtig für den Erfinder gilt. Nachher sind unglaublich viele neue, zum Theil verbesserte Einrichtungen angegeben, worunter die von Sturm, Papin, Wolferd Serguerd mit schrägliegendem Stiefel 1697, Hawksbee, s'Gravesande, Nollet, John Smeaten 1759, Cuthberson, Schrader, Lichtenberg, van Marum u. Parrot, Marknoble u. Gervinus, James Little und Fortin die wesentlichsten sind. Meine eigenen Vorschläge S. Voigt Mag. B. VI. St. 2. u. G. XLII. 387. habe ich seitdem durch einen zweckmäſsigen Mechanismus zur eigenen Bewegung der Hähne verbessert. Eine solche mit zwey Stiefeln befindet sich im hiesigen Cabinette, und ist sicher die gröſste, welche bis jetzt verfertigt wurde, indem sie zwey Stiefel, jeden 18 Z. hoch, 3 Z. im Lichten weit hat, mit einer proportionalen Gröſse der übrigen Theile.

Andere Vorschläge zur Luftverdünnung, als von Cazalet durch Wasser, von Baader und Hindenburg durch Quecksilber; von Sadler durch Oel; von Wilke und Berretray durch Wasserdämpfe, von Ingenhouſs und Morozzo durch verlöschende Kohlen u. s. w. wird niemand jetzt mehr in Ausübung bringen wollen.

Zweckmäſsige Apparate, den Grad der Verdünnung zu messen, sind das Heberbarometer und die Birnprobe.

Vorschläge zu Compressionspumpen sind von Winkler und Nollet gemacht. Die einfachen Compressionspumpen der Windbüchsen sind zum Gebrauche die besten.

Die sehr weitläuftige Literatur S. bey Gehler u. Gilbert. Hutton's mathematical dict. art. air. pump. u. a.

§. 51.

Wenn der Druck der Luft gegen diejenigen Körper nicht wahrgenommen wird, welche ganz von derselben umgeben sind, so zeigt sich dagegen seine Wirkung sogleich bey der einseitigen Wegnahme derselben.

Das in §. 49 aufgestellte Gesetz führt uns darauf, den Druck der Expansibilien durch diejenige zu bestimmen, welche durch die torricellische Röhre gegeben wird, und sie unter dem Namen des Druckes *einer* Atmosphäre als Einheit zum Grunde zu legen. Als Erläuterungen des Gesetzes dienen die magdeburgischen Halbkugeln, die zersprengte Glasscheibe und Thierblase; der follis aërostaticus, fig. 16, indem man mittelst der starken Thierblase A das in dem Glase B befindliche Quecksilber in der Röhre C durch mechanischen Druck so hoch zu treiben strebt, als dieses durch Saugen an der Röhre möglich ist; das Heben eines schweren Gewichtes durch die Luft in einer Blase; das Springen des Wassers in ein luftleeres Gefäfs; die Saugpumpen, die Mayersche Röhre u. a. Von den verschiedenen Ventilen, welche den Rückgang der Luft, so wie der Flüfsigkeiten aufheben.

Auch die Höhe, bis zu welcher irgend eine Flüfsigkeit nach Verhältnifs ihres spec. Gewichtes durch den Luftdruck im Heber gehoben werden kann, wird durch dieses Gesetz bestimmt. Abänderungen des gemeinen Hebers sind der Springheber, der Vexirbecher oder künstliche Tantalus S. Heronis Al. spirit. Amst. 1680, der würtembergische Heber S. phil. trans. 1685, die fraterna caritas, der pharmaceutische Heber von Siegling S. Tromsd. J. d. Pharm. VI. I. p. 1. Der unterbrochene Heber, die Vorrichtung des Jeremias Mitz u. a. S. Gehler. Der Heber fliefst nicht im luftleeren Raume.

§. 52.

Wenn wir aufser der Schwere der atmosphärischen Luft noch ihre Expansibilität berücksichtigen; so folgt aus beyden, dafs dieselbe durch ihr eigenes Gewicht zusammengedrückt seyn mufs. Das hierüber von Mariotte und Robert Boyle gleichzeitig aufgefundene, und vorzüglich nach dem Ersteren benannte Gesetz heifst: «Bey allen «Expansibilien ist die Dichtigkeit, das Gewicht «und die Elasticität der zusammendrückenden «Kraft directe; der Raum aber, den sie einneh«men, derselben umgekehrt proportional.»

Dafs die Luft sich sowohl zusammendrücken, als ausdehnen lasse, zeigen die einfachen Versuche mit ei-

ner kleinen Pumpe, die Cartes. Schwimmer u. a. Mariotte und Boyle haben die Sache mit Luft, welche in gläsernen Röhren durch Quecksilber gesperrt war (Mariottesche Röhre) genau untersucht und bestimmt. Das aufgefundene Gesetz ist nicht absolut, wohl aber so weit gültig, als unsere Erfahrung reicht.

§. 53.

Aus dem Mariotteschen Gesetze folgt, daſs nicht bloſs überhaupt ein wechselnder Druck der Luft statt finden muſs, sondern daſs auch die Dichtigkeiten und Gewichte gleich hoher Schichten, worin wir uns dieselbe abgetheilt denken können, in einer geometrischen Proportion abnehmen müssen. Das Barometer dient dazu, beydes zu messen, und bey der Berechnung seiner Veränderungen durch die Erhebung auf verschiedene Höhen über der Meeresfläche ist hierauf vorzüglich Rücksicht zu nehmen.

Das Barometer oder Baroskop bezeichnet seine Bestimmung durch seinen Namen. Seit seiner Erfindung durch Torricelli ist seine Gestalt vielfach abgeändert. Dahin gehören Morland's schiefliegendes, Hook's Radbarometer, Cartesius und Huyghens doppeltes Barometer S. Schmidt bey G. XIV. 199. Amontons conisches und Bernoulli's rechtwinkliches Barometer, de Luc's Heberbarometer, Fortin's Gefäſs-Barometer und Prony's Barometer an einer Waage, nebst vielen andern Vorschlägen. S. G. II. 311. Eben so schön als mit einem sinnreichen Mechanismus zum Verschlieſsen versehen sind die Barometer des H. Loos in Darmstadt S. Schmidt Phys. 129 Changeux's Barometrograph und Coxe's perpetuum mobile. Zur Lit. Lutz vollständige und auf Erfahrung gegründete Beschreibung von Barometern, Nürnb. u. Leipz. 1784. Voigt's Beyträge zur Verfertigung u. Verbesserung d. Barometers, F. a. M. 1795. Gehler u. Gilb. a. v. O.

Da das Barometer den jedesmaligen Druck d. Atmosphäre nach d. Gesetzen des Standes ungleich schwerer Flüſsigkeiten in communicirenden Röhren angiebt; so können wir aus der Abnahme des Luftdruckes auf eine geringere Höhe der Luftsäule schlieſsen, oder dasselbe

zu Höhenmessungen gebrauchen. Als mittleren Barometerstand nimmt man 28 Z. oder $0^m,76$ an. Genauer ist derselbe nach Bohnenberger Tüb. Bl. I. 3. 326. am mittell. Meere bey 12° R = 28 Z. 2 L.; an d. Nordsee bey 9° R = 28 Z. 2,2 L.; unterm Aequat. bey 21°,6 R = 28 Z. 1,79 L. Zu Malta 28 Z. 2,08 L. bey 17° des Bar. u. 16°58 d. Luft nach Dangos J. d. ph. LXXIII. 152. Burkhart in bulletin de la Soc. philom 1811. aout.

Indem nun nach Halley die Höhen dem Untershiede der Logarithmen beyder Barometerstände proportional sind, so giebt die La Placesche Formel nach d'Aubuisson, mit Weglassung des Coefficienten für die Erhebung über der Meeresfläche, für eine geographische Breite = l die Höhe in par. F. $x = 56372,5\,(1 + 0,002711 \cos. 2\,l)$ $\left(1 + \left(\frac{t + t'}{500}\right)\right)\left(\log. H - \log. h. \left(1 + \frac{T - T'}{5550}\right)\right)$ wenn H. u. h. die Barometerstände in par. Lin. T u. T' die Temp. am Barometer t u. t' die Temper. nach C. im Freyen auf beyden Stationen bezeichnen. Ueber den Einfluſs der Wärme auf die Ausdehnung d. Luft u. d. Quecksilbers s. §. 85, über die der Breite proportionale Veränd. d. Schwere §. 35. Zur Lit. S. Pascal traité de l'equilibre de liqueurs et de la pésanteur de la masse de l'air Par. 1698. Kaestner Anm. über d. Markscheidek. Gött. 1775. Mollweide bey Gehlen IV. 452. J. d. ph. LXX. 437. Memoires sur la formule barometrique cet. par. L. Ramond. Clermond-Ferrand 1811. 4. Bohnenberger a. a. O. Gauſs astr. Jahrb. 1818. p. 170. Erläuterung der Theorie mit Tabellen zur Rechnung enthalten: Benzenberg Beschreib. eines einfachen Reisebarometers. Düsseld. 1811. Tables hypsometriques par Jabbo Oltmanns. Par. 1809. Tables barometriques cet. par Bernhard de Lindenau. Leipz. 1809. Tables baromet. portatives par Biot. Par. 1811. Tabellen für barometr. Höhenmessungen von C. Garthe. Gieſsen 1817. Siehe auch Hal. Lit. Z. 1812. n. 9.

Da die Dichtigkeit der Luft der Höhe des Quecksilbers im Barometer proportional ist; so erhalten wir, die Dichtigkeit derselben bey 28 Z. Bar. als Einheit angenommen bey gleicher Temperatur beyder Barometerstände und für gleiche geograh. Breiten, $d = \frac{h}{28\,Z.}$ Nähme die Dichtigkeit der Luft nach dem Innern der Erde in gleicher Progression zu, so läſst sich mit Weglassung der Correctionen nach de Luc's Formel $x = 10000' \log. \frac{H}{h}$

die Dichtigkeit d. Wassers: Luft = 800 : 1, des Platin : Wasser = 20 : 1 die Meile = 3807' gesetzt, berechnen daſs sie bey 7.6 Meil. dichter als Wasser, bey 11,1 Meil. dichter als Platin seyn würde. Vergl. Fischer Natl. 285.

Indem die atmosphärische Luft durch alle sie selbst afficirende Veränderungen und Zersetzungen in Hinsicht ihrer Elasticität und Schwere verändert wird, diese Veränderungen aber mit der Witterung im nahen Zusammenhange stehen; so dient das Barometer auch als meteorologisches Werkzeug. Um die Veränderungen der Elasticität einer eingeschlossenen Luftmasse zu bestimmen, kann man sich mit groſsem Vortheile des Manometers bedienen. Eine krummgebogene Glasröhre, etwa 1 bis 1½ Lin. weit, die darin enthaltene Luft mit etwas Quecksilber gesperrt, und durch eine Scale in 100 Th. getheilt, ist hierzu völlig hinreichend. Davy bey G. XVI. 105.

§. 54.

Die Luft als schwere Flüſsigkeit ist den statischen Gesetzen unterworfen, und es muſs daher ein jeder Körper in ihr so viel von seinem Gewichte verlieren, als ein gleiches Volumen derselben wiegt. Dieses kommt in Betrachtung bey der Bestimmung des spec. Gew. der Körper und bey der Aeronautik.

Vor allen Dingen ist es erforderlich, das spec. Gewicht der Expansibilien zu bestimmen. Nach Biot I. 389 ist das sp. G. der Luft bey 0° und $0^{m},76$ Bar. gegen Wasser gleichfalls bey $0° = \frac{1}{769,44}$ bey 3°,42 C. aber als den für die folgende Rechnung angenommenen Punkt der gröſsten Dichtigkeit $= \frac{1}{779,3}$ = 0,00128308. Nehmen wir hierbey Rücksicht auf die Ausdehnung durch Wärme = t in Centes. Graden = x — 3°,42 (S. §. 85) die Erhebung über die Meeresfläche = h und den Unterschied der Breite = l; so ist das Gewicht irgend eines Volumens atmosphärischer Luft gegen Wasser w = 0,00128308

$$\left(1-\frac{2h}{R}\right)(1-0{,}002711 \cos. 2\, l.)\,(1-t\, 0{,}00375)\left(\frac{h}{28\, Z.}\right)$$

Da in mäſsiger Höhe und mittlerer Breite bey 3°,42 und

28 Z. B. alle diese Coefficienten wegfallen; so ist hierfür d. sp. G.

von atmosph. Luft	=	0,00128308
Sauerstoffgas	=	0,00141588
Stickstoffgas	=	0,00124347
Wasserstoffgas	=	0,00009³934
Kohlens. Gas	=	0,00194978
Salzs. Gas	=	0,00159997
Ammoniakgas	=	0,0007656

Zur Bestimmung der Dichtigkeit der Luft bedient man sich mit Vortheil des Manometers, Dasymeters oder d. Luftwaage. S. Gehler. Hauf physioc. Briefwechsel. Ht. I. 1. Das geringe Gewicht der Expansibilien zeigt, daſs keine andern Körper, auſser Expansibilien selbst in denselben statisch schwimmen können. Alle früheren Versuche scheiterten, bis D. Black in Edinburg und bald darauf Lichtenberg in Göttingen 1782 Seifenblasen mit dem von Cavendish 1766 entdeckten Wasserstoffgas gefüllt aufsteigen lieſsen. Während Stephan und Robert Montgolfier im folgenden Jahre groſse papierne Schläuche mit erhitzter Luft füllten, lieſs Charles Ballons von gefirniſsten Taffent mit Wasserstoffgas aufsteigen. Seitdem wurde die Aeronautik allgemein bekannt. Man unterscheidet seitdem Montgolfieren und Luftballons.

Ein jeder Ballon steigt mit so viel Kraft in die Höhe, als die Differez seines Gewichtes und einer gleich groſsen Luftmasse beträgt. Ist daher sein cub. Inhalt $= J$, das Normalgewicht des Wassers $= p$, das spec. G. für Luft $= w$, für Wasserstoffgas $= w'$, das Gewicht der Hülle des Ballons, der Seile, des Schiffes und der darin liegenden Effecten $= \rho$; so ist die Steigkraft eines Luftballons $S = Jp\,(w - w') - \rho$, einer Montgolfiere aber $S = J\,p\,w\,t\,0{,}00375 - \rho$.

Auſserdem kommen dabey in Betrachtung die Bestimmung der horizontalen und der perpendicularen Bewegung, die Sicherheitsklappe, der Fallschirm von Le Normann erfunden G. XVI. 156. u. d. m. S. Foujas de S. Fond Beschreibung d. Versuche mit den aerostatischen Maschinen a. d. F. Leipz. 1784. Fortgesetzte Beschreibung u. s. w. Leipz. 1785. Geschichte d. Aerostatik. historisch, physisch u. math. ausgeführt (von Kramp). Strasb. 1784. Anhang zur Geschichte d. Aerost. ebend. 1785. Vergl. G. LVII. 428. Am meisten Aufmerksamkeit verdient A. W. Zachariae die Elemente d. Luftschwimmkunst. Wittenb. 1807. Ueber verschiedene interessante Luftfahrten S. G. XIX. XX. XXIV. Als Folge

des Aufsteigens der erhitzten Luft erscheint der starke Luftzug der Schachte, der Camine u. Schornsteine. Dahin gehören auch die Ventilatoren S. Gren. n. J. IV. 463. Parrot zweckmäſsige Luftreiniger. Frankf. 1793. Das statische Schwimmen des Staubes und zum Theil des Nebels ist dem Schwimmen dünner Metallblättchen im Wasser zu vergleichen.

§. 55.

Nach dem mariotteschen Gesetze müſste sich die Luft bis ins Unendliche zusammendrücken lassen. Obgleich dieses durch die Erfahrung nicht geprüft werden kann, so besagt die letztere doch, daſs dasselbe innerhalb der Grenzen endlicher Kräfte zuläſsig ist. Zugleich aber wird es durch die Erhitzung der schnell comprimirten Luft wahrscheinlich, daſs die constituirenden Bestandtheile der Expansibilien durch starke Compression, wenigstens wenn diese zugleich schnell geschieht, eine Veränderung erleiden. Der Einfluſs der verdichteten Luft auf die vegetabilische und thierische Organisation ist bis jetzt noch wenig untersucht.

Hales will das mariottesche Gesetz bis zur 38fachen Verdichtung noch gültig gefunden haben, auch ist durch Muschenbroeck erwiesen, daſs dieselbe ihre Federkraft nicht verliert, wenn keine Zersetzungen stattfinden. S. Gehler III. 9. ff. Ueber die Veränderung d. Luft durch Compression S. §. 86.

Die Versuche des H. Achard über den Einfluſs der verdichteten Luft auf Pflanzen und Thiere verdienen erst eine genauere Prüfung. S. dessen Sammlung phys. chem. Abhandl. I. G. IX. 59. Interessante Entdeckungen des J. Roebuck im Gebläsekasten des Hochofens zu Devonshire. G. IX. 45.

2) Pneumatik.

§. 56.

Die Luft muſs als flüſsiger Körper in luftleere Räume mit einer ihrer Dichtigkeit proportio-

nalen Geschwindigkeit eindringen, und wird überhaupt sich in verschiedenen Räumen bey ungehindertem Zugange ins Gleichgewicht setzen.

Ueber die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft in bleibend leere Räume eindringt, haben wir noch keine genügende Versuche. Ist sie in einem Gefäſse stärker verdichtet, so steht die Menge der entweichenden Luft bey gleicher Oefnung nahe im Verhältniſs der Quadratwurzeln des Druckes und bey gleichem Drucke im Verhältniſs zwischen Durchmesser und Fläche der Oefnung. Strömt die comprimirte Luft aus Oefnungen in den Gefäſsen; so ist ohne Rücksicht auf den Widerstandscoefficienten nach voriger Bezeichnung die Geschwindigkeit c in par. Füſsen, den Stand des Wasserbarometers zu 32 F. angenommen, für die durch die Barometerstände B und b ausgedrückten Dichtigkeiten $c = 2\sqrt{\left(\frac{B-b}{b}\right)} \frac{1}{w} g\ 32$ Fuſs. Dieses gäbe für den einfachen Luftdruck im luftleeren Raume 1223 F. welches mit der Erfahrung ziemlich übereinkommt. S. Young bey Gilb. XXII. 249. Faraday's Vers. über das Ausströmen verschiedener Gasarten aus Röhren S. J. d. ph. LXXXI. 58. Schweigg. XXII. 385. Das Flugrädchen unter d. Campane. Guericke's Windbüchse mit verdünnter Luft, das Saugen, Respiriren, der Blasebalg und die sämmtlichen Arten des Gebläses.

§. 57.

Die Wirkung der bewegten Luft gegen feste und flüſsige bewegliche Körper wird mit vielem Grunde dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional gesetzt. Ist aber die Luft oder ein sonstiges expansibeles Fluidum in einem Gefäſse comprimirt; so wird seine Kraft der Stärke des Druckes direct proportional seyn. Anwendungen dieser Sätze geben der Wind, die Windkessel, Windbüchsen, Dampfmaschinen und Schieſsgewehre.

Stöſst der Wind gegen eine Fläche = a, deren Neigungswinkel = i bey einer Geschwindigkeit = v; so ist die Kraft $k = m a v^2 \sin. i^2$. Zur Bestimmung von m kann man mit la Hire annehmen, daſs der Druck der Luft zu

dem des Wassers sich wie ihre Dichtigkeiten verhalten. Es würde also die Kraft des Wassers zu der des Windes $= v^2 : \frac{v^2}{779{,}37}$ seyn. Wenn ferner der Druck des Wassers der Fallgeschwindigkeit $= \frac{c}{2g}$ proportional ist; so müſste das Wasser 1 Fuſs herabfallen, um die mittlere Geschwindigkeit von $\frac{1}{2}$ F. zu erhalten, und würde demnach mit $\frac{70}{2 \times 30} = 1\frac{1}{6}$ ℔ gegen einen par. Quadrat-Fuſs drücken. Nehmen wir dieses als Normalgeschwindigkeit an; so müſste der Wind sich mit $\sqrt{779{,}37}$ = nahe 28 Fuſs bewegen, um mit $1\frac{1}{6}$ ℔ gegen einen Quadratfuſs zu drücken. Diese Gröſse als Einheit angenommen, würde der Druck bey jeder andern Geschwindigkeit sich wie das Quadrat der Geschwindigkeit verhalten, oder für eine Geschwindigkeit = v wäre die Kraft gegen einen Quadratschuh Fläche in Pfunden $k = 1{,}17 \frac{v^2}{779{,}37}$. Bey Windmühlenflügeln geht der Druck gegen eine schiefe Fläche, und wird den stärksten Effect haben, wenn cos. i sin. i^2 ein maximum ist. Dieses giebt sin. $i = 35°\ 16'$ für den Zustand der Ruhe. Die Erfahrung hat hierin manches geändert. S. Smeaton experim. enquiry conc. Mills. Langsd. Maschin. Lehre. I. 178. Dessen neue Erweiterungen der mechan. Wissensch. 271. v. Crelle Theorie d. Windstoſses cet. Berl. 1802. 4.

Die Wirkung der comprimirten Luft zeigt der Heronsball und Heronsbrunnen, der Windkessel, die Windbüchse u. a. S. Muschenbroeck int. II. 2111. Karsten Lehrb. VI. Absch. 8. Dieser ähnlich ist die Wirkung des Dampfes bey Dampfmaschinen und die Kraft des Schieſspulvers. S. meine Abhandlung üb. d. Schieſspulver. Marb. 1817. Hutton mathem. dict. art. Gunpowder. Ist v die anfängliche Geschwindigkeit, P das Gewicht des Pulvers, B der Kugel; so ist $v = m\sqrt{\frac{P}{B}}$, wobey m durch Erfahrung bestimmt werden muſs. Der Widerstandscoefficient ist hier weggelassen. v ist durch Erfahrung zwischen 1600 bis 2000 Fuſs in 1″ als Maximum gefunden, obgleich die Kraft des Schieſspulvers = 5000 F. angenommen werden kann. S. Hutton curse of math. III. 270. Encyclop. Brit. art. Steam. Prony neue Architectura hydraulica vol. II. Nicol. Poda Beschreib. d.

zu Chemnitz errichteten Maschine. Prag 1771. Vergl. d. Art. über Dämpfe in d. Absch. üb. die Wärme, §. 92.

Ueber alle abgehandelten Gesetze der Bewegung ist vorzüglich zu empfehlen H. W. Brandes Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts u. d. Bewegung fester und flüſsiger Körper. 2 Th. Leipz. 1817 u. 18.

D) Akustik.

§. 58.

Jede Bewegung fester oder flüſsiger Körper, welche durch irgend ein Medium fortgepflanzt unsere inneren Gehörwerkzeuge afficirt, nennen wir wenn sie regellos ist, ein Geräusch, wenn sie schnell vorübergehend und heftig ist, Knall; wenn sie anhaltend und stark ist, ein Getöse, wenn sie in ihrer Wirkung gleichförmig ist, Ton, und wenn sie hell und vernehmlich ist, Klang. Bloſs die letzteren können Gegenstände der Untersuchung werden, und dienen dann zur Erklärung der ersteren; sämmtlich aber gehören sie unter die Lehre vom Schalle. Dabey kommt in Betrachtung der schallende Körper, das leitende Medium und das wahrnehmende Ohr.

Die deutsche Sprache zeigt sich vorzüglich reich in der Bezeichnung dieser verschiedenen Erscheinungen. S. Chladni Neue Beyträge z. Ak. Leipz. 1817 Vor.

1) Hervorbringung des Schalles.

§. 59.

Alle festen Körper, sobald sie durch Schlagen, Streichen mit einem Bogen, Reiben oder ein sonstiges Mittel zum Tönen gebracht werden, gerathen in gewisse eigenthümliche Schwingungen, wobey einige Theile derselben ruhen, andere aber pendelartig schwingen. Erstere heis-

sen Schwingungsknoten, letztere Schwingungsbögen. Ein allgemeiner, für alle Körper gültiger analytischer Ausdruck, worunter die gesammten Gesetze dieser Schwingungen begriffen werden könnten, ist noch nicht aufgefunden.

Die Existenz dieser Schwingungen, im Gegensatze des früher angenommenen Erzitterns der kleinsten Theile, läſst sich leicht darthun an einem festgeschrobenen metallenen oder hölzernen Stabe; an einer Stimmgabel; an einer angeschlagenen Glocke, wenn man ein Stückchen Siegellack an einem Zwirnsfaden daran hält; an einem Glase mit Wasser, dessen Rand man mit dem Finger streicht u. s. w.

Nach Chladni Neue Beyt. z. Ak. 61. giebt es überhaupt folgende klingende Körper:

- Durch Spannung elastisch
 - fadenförmig. Sie schwingen
 - transversal.
 - longitudinal.
 - membranenförmig.
- Durch Druck elastisch; als Luft und Dämpfe.
- Durch innere Steifheit elastisch
 - fadenförmig
 - gerade.
 - deren Schwingung ist
 - transversal.
 - longitudinal.
 - drehend.
 - gekrümmte. (Ringe, Gabeln)
 - membranenförmig
 - gerade. (Scheiben.)
 - gekrümmte (Glocken u. a.)

§. 60.

Am leichtesten lassen sich die Gesetze dieser Schwingungen an gespannten Saiten nachweisen, und man findet bald, daſs die Höhe des Tones der Zahl der Schwingungen direct proportional ist. Euler stellte hierüber ein allgemeines Gesetz auf, Chladni aber hat dasselbe auf bestimmte Zahlen zurückgebracht.

Durch stärkere Anspannung einer Saite kann man sich überzeugen, daſs eine gewisse Geschwindigkeit der Schwingungen als minimum zur Hervorbringung des Schalles erforderlich ist. Auf gleiche Weise zeigt eine auf einem Resonanzboden gespannte, regelmäſsig abge-

theilte und an verschiedenen Orten gestrichene Saite durch das Ruhen und Abfliegen kleiner Papierstreifen die Anwesenheit der Schwingungsknoten und Schwingungsbögen.

Aus dem Gesetze der Pendelschwingungen folgerte Euler, dafs für Saiten bey einer Länge = L, einem Gewichte = G, und einer spannenden Kraft = P die Zeit der Schwingungen $t = \sqrt{\frac{LG}{2gP}}$ ist. Es ist aber bey einem sp. Gew. = p′, $G = r^2 \pi L p'$; mithin $t = rL\sqrt{\frac{\pi p'}{2gP}}$. Ist dann die Zahl der Schwingungen = N; so ist $T = NrL\sqrt{\frac{\pi p'}{2gP}}$; woraus für $T = 1''$ $N = \frac{1}{rL}\sqrt{\frac{2gP}{\pi p'}}$. Es verhalten sich also die Schwingungsmengen einer Saite umgekehrt wie die Längen, und da eine Saite, wenn man unter übrigens gleichen Bedingungen ihre Länge halbirt, die Octave angiebt; so haben wir für jede Stimmung

Töne	C.	D.	E.	F.	G.	A.	H.	c.
N.	1 .	9/8 .	5/4 .	4/3 .	3/2 .	5/3 .	15/8 .	2.
L.	1 .	8/9 .	4/5 .	3/4 .	2/3 .	3/5 .	8/15 .	1/2.

Nach vielen vergeblichen Bemühungen hat endlich Chladni die Zahl N durch Versuche mit gespannten Stäben, wobey die Zahl der Schwingungen sich umgekehrt wie das Quadrat der Längen verhält, aufgefunden. Es hat demnach

das 32 füfs. C der Orgeln	32 Schwing.	
- 16 f. C — —	64	—
grofse C — —	128	—
ungestrichene C —	256	—
eingestr. c̄ —	512	—

Die Summe der vernehmbaren Töne fängt also mit 32 Schwingungen an, und scheint mit c = 16383 zu endigen. Könnten wir demnach ein Secundenpendel schwingen hören; so würde dieser Ton fünf Octaven unter dem tiefsten Orgeltone liegen, und eine Pfeife von 512 F. Länge erfordern. S. Chladni in Voigt Mag. I. 1. G. V. 1. Vorzüglich lehrreich wegen lit. Nachw. ist Gilb. XX. 337. Ueber Monochord S. Fischer Mag. d. Nat. Ges. Berl. 1810. 1.

§. 61.

Aufser den Saiten klingen auch sonstige sehr elastische verschiedenartig geformte Körper, wenn sie auf irgend eine Weise in die erforderliche schwingende Bewegung gesetzt werden, wobey jederzeit gleichfalls die Schwingungsbögen von den Schwingungsknoten unterschieden werden können, ohne dafs man bis jetzt eine allgemeine Gleichung für das Verhältnifs derselben hat auffinden können. Vorzüglich gehören hierher ausser dem Tönen der Glocken u. s. w. die Chladnischen Klangfiguren tönender Scheiben, dessen Clavicylinder, Franklin's Harmonica, die verschiedenen Anwendungen der Streichwalze, die Längentöne der Saiten und Stäbe, und die durch drehende Bewegung erzeugten Töne gläserner Stäbe.

Geborstene Glocken tönen nicht, aber ein etwas tieferer Ton wird durch Aussägen des Risses wiederhergestellt, weil die Schwingungsbögen verändert werden. Am interessantesten sind die auf dünnen, möglichst gleichförmigen Scheiben, vorzüglich von Glas entstehenden Chladnischen Figuren, bey welchen ein bestimmtes, nahe genaues Verhältnifs zwischen der Figur und der Tonhöhe wenigstens für rechtwinkliche Scheiben nachgewiesen ist. S. Chladni N. B. 1. ff. Galilei redet hiervon in Op. di Gal. Gal. Pad. 1764. III. 59. Die Streichwalze ist von Chladni erfunden, und zuerst in seinem Clavicylinder, nachher aber im Panmelodion von Dietz, dem Terpodion von Buschmann und dem Harmonichord von Kaufmann, wahrscheinlich auch in Cölison von Maslosky, G. XX. 128. unter veränderter Form angewandt.

Wendet man die für Saiten gegebene Formel auf gespannte Stäbe an; so ist übereinstimmend mit Chladni's Versuchen, wenn die Rigidität der Substanz $= \varrho$ gesetzt, und n eine für einerley Arten der Schwingungen gleiche, bey verschiedenen Schwingungen hinsichtlich der Schwingungsknoten aber wechselnde Zahl bedeutet nach Biot II. 80. $N = \frac{n^2 r^2 \pi}{L^2} \sqrt{\frac{2 g \varrho}{p'}}$. Ueber die durch drehende Bewegung der Stäbe entstehenden Töne S. Chladni Akustik §. 96.

Den Längentönen, welche vorzüglich durch Anstreichen der Saiten unter sehr spitzen Winkeln entstehen, sind auch die sogenannten Flageolettöne zartgestrichener Saiten ähnlich. Ueber Combinationstöne S. Vieth bey G. XXI. 265. 303. Merkwürdig bleiben die von gleichen Saiten der von Kircher erfundenen Aeolsharfe entstehenden verschiedenen Töne. G. X. 57.

§. 62.

Unter die tönenden Körper gehört vorzugsweise die Luft und die ganze Classe der Expansibilien, wenn sie auf irgend eine Weise in eigenthümliche schwingende Bewegungen gesetzt werden. Daſs durch bloſse Bewegung derselben weder im freyen noch im begrenzten Raume kein Ton hervorgebracht werde, ist erwiesen, die eigentliche Beschaffenheit der den Ton gebenden Vibrationen aber noch keineswegs völlig bekannt.

Eine in einem weiteren Canale eingeschlossene Luftmasse wird in Bewegung gesetzt, wenn ein schneller Luftstrom aus einer engen Oefnung gegen dieselbe stöſst, oder wenn er an einer scharfen Ecke gespalten wird, oder hauptsächlich wenn er dünne einander genäherte, vibrirende Blätter durchströmt. Im Allgemeinen ist die Höhe des Tones der Schnelligkeit des Luftstroms, der Kleinheit seines Durchmessers und seiner Länge, der Nähe und der Schnelligkeit des Vibrirens der dünnen Blätter nach verschiedenen noch nicht völlig bestimmten Gesetzen proportional. Das umfangendste und vollendetste Organ ist das der menschlichen Stimme, welches seinem Baue nach zu den Rohrwerkzeugen gehört. S. Biot II. 110. ff. Die beyden Bänder im Kehlkopfe, welche die Stimmritze bilden, geben vermittelst der durchgepreſsten Luft das tönende Organ; die Verengerung desselben und die Bewegung des Kehlkopfes enthalten die vorzüglichsten Bedingungen der Höhe und Tiefe. Vergl. Young bey G. XXII. 249 u. 337. und vorzügl. die Anmerk. d. H. Vieth daselbst. Sömmering vom Baue d. menschl. Körpers. V. Abt. 2. Dessen Abbild. der menschl. Geschmacks und Sprachorgane. Frankf. 1805. Ueber die Stimmen d. Animalien S. Cuvier Leçons d'anatomie comparée. t. IV.

Die Expansibilien müfsten der Theorie nach Töne geben, deren Höhe den Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeiten umgekehrt proportional wäre: welches auch in sofern richtig ist, als das Wasserstoffgas die höchsten Töne giebt. Doch scheint das Gesetz in seiner ganzen Schärfe nicht anwendbar. Merkwürdig ist es, dafs in der Trompete des Automaten von H. Kaufmann gleichzeitig zwey verschiedene Töne hervorgebracht werden. Geübte Trompeter und Hornisten können blofs harmonische, leise consonirende Töne zugleich hervorbringen. Chemische Harmonica, welche de Luc zufällig erfand. Die Töne derselben sind Schwingungen der durch Wärme ausgedehnten, durch Verzehrung des Sauerstoffgas und Zersetzung der Dämpfe bewegten Luft. S. Chladni N. Schriften d. Ges. nat. Freunde. I. 102. Zennek bey Schweig. XIV. 1. Den unvollkommensten Ton geben die Expansibilien im Donner, und im summenden Getöse fliegender Insecten. Sonstiges plötzliches Zusammenschlagen oder Ausdehnen derselben giebt ein Platzen, einen Knall.

§. 63.

Jeder Ton im Verhältnifs zu andern heifst Tonica; zur Harmonie, Grundton. Ihm am nächsten kommt derjenige, dessen Schwingungen halb, oder auch doppelt so viel sind. Zwischen beyden liegt eine unbestimmbare Menge anderer Töne, deren Zahl nach den verschiedenen Tonsystemen verschieden ist. Das Verhältnifs der Tonica zu jedem andern Tone heifst ein Intervall, welches in Folge seiner Rationalität harmonirend oder disharmonirend ist; die Verbindungen und Folgen mehrerer Intervalle aber geben die Tonstücke, bey deren Untersuchung die physisch-mathematische Akustik an die ästhetische Tonkunst grenzt.

Unter den verschiedenen Tonsystemen verdient das griechische, welches durch die Quarte und Quinte die vierseitige, und durch die Ausdehnung derselben auf zwey Octaven die siebensaitige Leyer bildete, einige Erwähnung. Minder wichtig sind neuere Tonsysteme, z. B. der Indier, deren grama's oder Tonleiter die Octave in

25 Intervalle theilen. Asiatik Researches IX. n. IX. Forkel Geschichte d. Tonkunst. Nach unserm heutigen Tonsysteme liegen zwischen jeder Tonica und ihrer Octave 11 Intervalle, welche nach dem Baue der Tasteninstrumente uneigentlich in 6 ganze und 5 halbe Töne getheilt werden. Zwischen jedem ganzen Tone kann das Ohr noch 9 sogenannte Kommata unterscheiden. Weil aber diese Töne für jede andere Tonica ein anderes Verhältniſs erhalten; so müssen sie hiernach verschieden temperirt werden, welches bey der menschlichen Stimme und einigen Instrumenten in voller Schärfe, bey andern aber, namentlich bey den Tasten-Instrumenten durch Substituirung der mittleren (Kirnbergerschen) statt der gleichschwebenden Temperatur hervorgebracht wird. Es sind z. B.

	Saitenlängen gleichschweb. Temperatur.	Saitenlängen Kirnberg. Temp.	Schwingungen gleichsch. Temp.	Schwingungen Kirnb. Temp.
c	— 1,0000	— 1,0000	— 128,0	— 128,0
cis	— 0,9438	— 0,9492	— 135,6	— 134,8
d	— 0,8909	— 0,8889	— 143,6	— 144,0
dis	— 0,8409	— 0,8437	— 152,2	— 151,7
e	— 0,7937	— 0,8000	— 161,2	— 160,0
f	— 0,7491	— 0,7500	— 170,8	— 170,6
fis	— 0,7071	— 0,7111	— 181,0	— 180,0
g	— 0,6674	— 0,6667	— 191,8	— 192,0
gis	— 0,6300	— 0,6328	— 203,1	— 202,2
a	— 0,5946	— 0,5963	— 215,2	— 214,6
b	— 0,5612	— 0,5625	— 228,0	— 227,5
h	— 0,5297	— 0,5313	— 241,1	— 240,9
c	— 0,5000	— 0,5000	— 256,0	— 256,0

§. 64.

Auſser der Höhe und Tiefe der Töne, deren Grund hiermit genügend nachgewiesen ist, vermag das Ohr noch eine gewisse Individualität der Töne zu unterscheiden, deren Ursache in der Gesamtwirkung derjenigen Schwingungen zu liegen scheint, in welche der eigentlich tönende Körper und andere mit ihm verbundene gesetzt werden. Auf einem ähnlichen Grunde beruhet das Mittönen und das Zittern selbst der gröſsten

Massen durch den Schall, welches der Stärke desselben direct proportional ist.

Die bekannte Verschiedenheit der Töne aus der angegebenen Ursache zu erklären, berechtigen mehrere Erfahrungen. Obgleich die Höhe und Tiefe verschiedener gespannter Saiten ganz gleich ist, so unterscheidet man doch die Art der Töne sehr merklich, jenachdem der Bau der Instrumente verschieden ist. Flöten von Buchsbaum mit elfenbeinernen Embouchüren klingen anders, als elfenbeinerne; auch ist bey gleichem Baue und bey gleicher Bohrung der Ton der Rohr-Instrumente nach Verschiedenheit des Holzes verschieden, ja sie verändern den Ton, wenn sie mit Fäden oder mit Band umwickelt werden. Hierin scheint der Grund des verschiedenen Effects der Resonanzböden zu liegen.

Auf das Mittönen haben schon Wallis und Mersenne aufmerksam gemacht, aber genau beschrieben ist es von Sauveur sistéme general d'Acoustique in Mém. de l'Ac. R. de Par. 1701. S. La Grange in Miscel. Taur. I. 109. Vergl. Chladni N. B. S. 73. Die dadurch hervorgebrachte Erschütterung läfst sich bis zum Zerschmettern gläserner Gefäfse treiben. S. Morhof stentor hyaloclastes 1683. Nachrichten hiervon finden sich schon im Talmud Baba Kama fol. 18. col. 2. nach Chladni N. B. 86. Die Bebungen grofser Massen müssen als verschwindend klein angenommen werden, weil sie selbst durch längeren Einflufs nicht zerstörend wirken.

2) Fortpflanzung des Schalles.

§. 65.

Die Schallwellen werden durch alle feste, flüfsige und expansibele Körper vermittelst gewisser ihrer Natur nach bis jetzt noch unbekannter Pulsus fortgepflanzt, und im Allgemeinen ist die Stärke und Geschwindigkeit dieser Fortpflanzung gröfser bey festen und tropfbar flüfsigen Körpern, als bey den Expansibilien. Am wichtigsten ist es der vielfachen Untersuchungen und Anwendungen wegen das Gesetz der Fortpflanzung desselben durch atmosphärische Luft zu kennen, worin den genauesten Versuchen gemäfs

seine Geschwindigkeit $1027\left(1+\frac{t}{530}\right)$ p. F. in einer Secunde beträgt.

Dafs der Schall kein ens sui generis sey, zeigt sein Aufhören im Vacuo, und die stärkere Leitung durch dichtere Körper, so wie seine Verstärkung in comprimirter Luft. Man hält meistens die Schwingungen der Körper, vermittelst deren der Schhall fortgepflanzt wird, für ganz gleich mit denen, welche denselben hervorbringen. Hiergegen scheint mir zu streiten, dafs diejenigen Bedingungen, welche die letzteren bestimmen, bey dem Ersteren gar nicht in Betrachtung kommen. S. meine Unters. bey G. XLVIII. 65. Die Fortpflanzung des Schalles scheint mit dem Fortgange des Stofses durch eine Reihe elastischer Kugeln identisch oder mindestens diesem analog zu seyn. Vollkommen elastische und zugleich absolut dichte Media müfsten diesemnach den Schall ins Unendliche mit einer grofsen, theoretisch noch unbestimmten Geschwindigkeit fortpflanzen; im Uebrigen aber mufs die Vollkommenheit der Fortleitung durch die Qualität und durch die Art der Aggregation der Elemente aller Körper bestimmt werden. Lagrange Misc. Taur. I. p. 89. sagt: Ce n'est donc pas par une espéce d'ondulation que le son se propage, comme l'ont cru jusqu'ici tous les physiciens d'aprés M. Newton.

Die stärkere Leitungsfähigkeit fester Körper zeigt das Tönen der Glocken, Glasröhren cet. an Fäden, welche bis zum Ohre fortgehen, desgleichen das Hören durch Stäbe, Dräthe u. a. Körper.

Ueber die Geschwindigkeit des Schalles in den Expansibilien gelten unter den Geometern noch Newtons theoretische Untersuchungen, princ. II. prop. 47. Hiernach verhalten sich die Geschwindigkeiten der Schallwellen, wie die Quadratwurzeln aus der Elasticität dividirt durch die Dichtigkeit; oder $c'=c\sqrt{\frac{\varepsilon'\delta}{\varepsilon\delta'}}$, und wenn die Elasticitäten gleichgesetzt werden, so ist $c'=c\sqrt{\frac{\delta}{\delta'}}$ welches nach Chladni nicht vollkommen mit der Erfahrung übereinstimmt. S. Biot. II. 181.

Um die absolute Geschwindigkeit des Schalles zu bestimmen, zeigt Newton Princ. II. 47. La Grange Mem. de Berl. 1786. G. XLIV. 240. dafs nach der Natur wellenförmiger Bewegungen in Flüfsigkeiten die Pulsus der

Schallwellen in der nämlichen Zeit den Kreis durchlaufen, in welcher ein Pendel von der Länge des Durchmessers dieses Kreises einen ganzen Schwung vollendet, gleichmäfsige Dichtigkeit des Medii vorausgesetzt. Ist nun für den einfachen Schwung eines Pendels $t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2L}{g}}$; so ist für einen ganzen Schwung $t = \pi \sqrt{\frac{2L}{g}}$. In der nämlichen Zeit durchläuft die Schallwelle den Raum $\pi 2 L$, also ist für eine Secunde das Verhältnifs $2 \pi L : \pi \sqrt{\frac{2L}{g}} = \sqrt{2Lg}$. Es ist aber $\sqrt{2Lg}$ der Geschwindigkeit gleich, welche der Fallhöhe $= \frac{1}{2} L$ zugehört (§. 33), mithin der Geschwindigkeit gleich, welche ein Körper durch den Fall von der halben Höhe der Atmosphäre bey gleicher Dichtigkeit erlangt hätte; und wenn man daher diese Höhe durch den Stand des Barometers $= B$ und das spec. Gew. des Quecksilbers zur elastischen Flüssigkeit $= p$ bestimmt, um hieraus den ganzen Raum zu finden, den der Schall in einer Secunde durchläuft; so ist diese in atmosphärischer Luft bey gleicher Dichtigkeit $= \sqrt{2pBg}$. Setzen wir $p = 10463$; $B = 28$ Z. $g = 15,1$ Fufs; so ist $c = \sqrt{2 . 10463 . 28 . 181,2}$. Zoll $= 858,6$ F. Den Unterschied dieser Gröfse von der durch Erfahrung gefundenen will Newton aus der gröfseren Elasticität der elementaren Bestandtheile der Luft erklären. Allein dieses ist unzuläfsig; theils weil die hinzukommende Gröfse zu klein ist (obgleich Newton $\frac{1}{9}$ annimmt; so läfst sich doch in Rücksicht auf das spec. Gew. der Luft nicht füglich mehr, als $\frac{1}{779,37}$ annehmen), theils weil ganz im Gegentheil durch Temperaturerhöhung, mithin durch gröfsere Entfernung der Elementartheile von einander, die Geschwindigkeit vermehrt wird. La Place dagegen nimmt an, die Pulsus der Schallwellen entbänden Wärme aus den Expansibilien, und würden dadurch beschleunigt, welche Hypothese Biot deswegen für erwiesen hält, weil beym Fortgehen des Schalles durch Dämpfe kein Theil derselben durch die Compression niedergeschlagen wird. S. Poisson Journ. de l'ec. pol. cah. 14. Biot J. d. ph. LV. Mem. de la Soc. d'Arcueil. II. 94. Abgesehen aber davon, dafs durch die Schallwellen keine absolute Raumverminderung hervorgebracht wird, enthält dieser Beweis einen Cirkel, indem er voraussetzt, dafs die durch Compression erzeugte Wärme zur Expansion der

präcipitirten Dämpfe verwandt, mithin im Entstehen gebunden werde, und doch die Fortpflanzung des Schalles beschleunigen könne. Der ganze Satz des La Place streitet aber gegen die Mechanik; denn entweder müſste der Schall bey seiner Ankunft in jeder einzelnen Luftschicht durch die erzeugte Wärme eine Vermehrung seiner Geschwindigkeit erhalten, mithin seine Bewegung eine gleichmäſsig beschleunigte werden; oder aber sich eine Ursache nachweisen lassen, wodurch die durch Wärmeentbindung erzeugte gröſsere, mithin aufs Neue eine stärkere Wärmeentbindung verursachende Geschwindigkeit wieder vermindert würde. Hiervon abgesehen scheint es gegen eine deutliche Vorstellungsart zu streiten, daſs der Schall erst mit einer geringeren Geschwindigkeit bey einer Luftschicht ankommen, dann Wärme aus derselben entbinden, und durch diese mit beschleunigter Geschwindigkeit fortgepflanzt werden sollte. Aehnliche Zweifel haben Benzenberg, Wrede und Prechtl geäussert. G. XLII. 3. XVIII. 401. XXI. 449. und die Berechnung des La Place selbst stimmt nicht genau mit der Erfahrung G. LVII. 242. Sonstige gehaltreiche theoretische Untersuchungen S. Poisson J. de l'ecole pol. VII. Trembley in Mem. de Berlin 1801. La Grange a. a. O. u. Gilbert das.

Unter den zahlreichen Versuchen, wodurch man die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft auszumitteln gesucht hat, verdienen wegen der Genauigkeit der Resultate bloſs die der pariser Academie im J. 1738 und die Benzenbergschen im J. 1809 und 1811 ausgezeichnet zu werden. S. Mem. de Par. 1738 u. 39. G. XLIV. 177. XXXV. 383. XLII. 1. Zu St. Jago de Chili erhielten D. Jos. de Espinosa u. D. Filipe Bauza bey 23°,2 C. 190',6. S. Ann. de chim. et de phys. VII. Jan. 98. Ueber den Einfluſs des Windes S. J. d. ph. LXXIX. 285. G. LVIII. 138.

Die Fortpflanzung des Schalles durch feste Körper sah man stets als eine Function ihrer Elasticität an. Allein weil alle feste und selbst tropfbar flüſsige Körper den Schall besser und schneller als die Expansibilien fortpflanzen, die trofbaren Flüſsigkeiten aber zur Hervorbringung des Schalles untauglich sind; so geht hieraus hervor, daſs beyde Erscheinungen auf verschiedenen physischen Modificationen der Körper beruhen. Theoretische Bestimmungen der Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern, wobey aber der physische Grund nicht angegeben ist, giebt La Place G. LVII. 234.

Nach Chladni geht der Schall durch jeden elastischen Körper in der Zeit, in welcher er frey schwebend eine Longitudinal-Schwingung macht. Aus der Vergleichung der Länge eines durch Streichen zum Tönen gebrachten Stabes mit der Länge einer gleichstimmenden Orgelpfeife läfst sich bey der bekannten Geschwindigkeit des Schalles in der Luft die Geschwindigkeit in festen Körpern finden. Es leiten daher Zinn 7½; Silber 9; Kupfer fast 12; Eisen fast 17mal schneller als die Luft. S. Voigt Mag. I. 1. G. XXXV. 409. Chladni N. B. 85. Wenn hiermit die grofsen Versuche des H. Biot Mem. de la Soc. d'Arc. II. 403 nicht ganz übereinstimmen, so liegt dieses vielleicht an der Unvollkommenheit der Zeitbestimmung, G. XXXVII. 221. und an der ungleichen Beschaffenheit des Metalles.

Versuche über die Fortpflanzung des Schalles durch Luft, Dämpfe, Wasser und andere Körper S. G. XXXIX. 142. XLII. 12. XLIV. 346. XLVIII. 66. XXI. 437. LVIII. 138. Mem. de la Soc. d'Arc. II. 94. Ann. de Chim. et de phys. VII. 98.

Der Schall wird unglaublich weit fortgepflanzt; weiter durch feste Körper als durch die Luft. Man hört die Explosionen des Vulcans auf St. Vincent bis Demerary, 300 engl. Meilen. S. Thomson An. of phil. 1816. Jan. 3. Merkwürdig aber ist, dafs er durch 488 Tois. lange Röhren ungeschwächt geleitet wurde. Biot in Mem. d'Arc. a. a. O.

Hindernisse, wodurch die Weite der Fortpflanzung des Schalles vermindert, und derselbe überhaupt geschwächt wird, liegen darin, dafs die Schallstrahlen durch wechselnde heterogene Körper fortgehen müssen, und die Abnahme ist so viel stärker, je öfter der Uebergang aus einem dünneren in ein dichteres Medium ist. S. G. XLVIII. 66. Viele Beobachtungen von Perolle S. Mem. de l'ac. roy. de Turin. 1786. 87. 90. 91. Euler mem. de Berl. 1759 u. 65. Lambert ib. 1768 u. 70.

§. 66.

Wenn die Schallwellen zwischen feste Grenzen so eingeschlossen werden, dafs sie beym Fortgange einen Cylinder bilden; so durchlaufen sie einen gröfseren Raum. Hierauf beruhet die Construction der Sprachrohre. Stofsen sie dagegen auf feste Wände; so werden sie nach den Gese-

tzen der Bewegung elastischer Körper zurückgeworfen, woraus die Erscheinungen des Echo's, der Sprachgewölbe und der Flüstergallerieen erklärbar sind. Die Hörrohre sind weder theoretisch hinlänglich untersucht, noch auch genügenden Erfahrungen gemäſs construirt.

Das Sprachrohr, von Samuel Morland 1670 erfunden, ist ein abgekürzter Kegel, in welchem die Schallstrahlen durch Reflection die Gestalt eines Cylinders erhalten nach fig. 17. S. Lambert mem. de Berl. 1763. Anderweitige Vorschläge zur Verbesserung sind ohne Erfolg gewesen. S. Gehler Art. Sprachröhre. Hassenfratz J. d. ph. LVI. 18. LX. 20. Die Masse und Oberfläche der Sprachröhre ist von keinem Einflusse, doch soll die trompetenförmige Umbiegung am Ende derselben den Schall verstärken. Die absolute Weite, wohin der Schall einer starken Stimme durch ein gutes Sprachrohr gebracht wird, beträgt nach meinen Versuchen höchstens 18000 Fuſs.

Die Schallwellen werden von allen Körpern nach Verhältniſs der Härte und Glätte ihrer Oberfläche reflectirt. Daher das laute Schallen in Kirchen und neuen Häusern. Wenn aber die reflectirten Schallstrahlen mit den ursprünglichen zusammenfallen; so entsteht eine bloſse Verstärkung derselben, und wenn wir annehmen, daſs das Ohr 8 Laute nach einander in 1″ vernehmen kann; so muſs die Entfernung eines Gegenstandes im Minimo $\frac{1027}{16} = 64{,}2$ Fuſs betragen, um ein Echo hervorzubringen. Die Echo's werden nach der Zahl der brechenden Flächen und ihren Entfernungen ein- oder mehrsylbig, einfach oder vielfach. S. Gehler Art. Echo. Lichtenberg verm. Schr. VIII. 194. Chladni N. B. 83. Die Sprachgewölbe jeder Art entstehen durch elliptisch oder parabolisch gekrümmte Flächen nach der Theorie der Reflection. S. Gehler Art. Sprachgew. Poisson J. de l'ecole polyt. VII. 350. Mem. de l'acad. de Turin 1788. Zimmer, in denen sich der Schall nach allen Seiten verbreiten soll, dürfen daher nur wenig oder gar nicht gewölbt seyn.

Um ein Hörrohr zu erhalten ist es keineswegs genügend, durch eine gröſsere Oefnung eine gröſsere Menge Schallwellen aufzufangen. Dagegen zeigt die Erfahrung, daſs die Zuleitung zum Ohre auf allen Fall gekrümmt

seyn mufs. Genauere Untersuchungen hierüber wären sehr wünschenswerth.

3) Wahrnehmung des Schalles.

§. 67.

Jede Art von Schall wird durch Afficirung der Gehörnerven vernommen. Meistens geschieht dieses vermittelst der Gehörwerkzeuge, oft auch durch andere damit in Verbindung stehende Theile. Schwerhörigkeit und Taubheit sind Folgen mangelhafter Fortleitung des Schalles bis zum Gehörnerven, oder der Unthätigkeit des letzteren, in welchem Falle keine Heilung zu erwarten steht. Das gesunde Ohr hört allezeit richtig, aber die Täuschungen sind Folgen der Schlüsse aus den Wahrnehmungen.

Völlig taube Personen können den Sinn des Gesprochenen aus der Bewegung des Mundes errathen, und die Erschütterung stark schallender Körper durch den Eindruck auf die Nerven des Gefühls wahrnehmen, ohne zu hören. Das menschliche, dem thierischen ähnliche Ohr besteht aus dem äufseren Ohre mit der Muschel, aus welcher der Schall durch den Gehörgang und die Pauke zum innern Ohre gelangt. Der Zweck der letzteren scheint einzig die Sicherung der inneren Theile des Ohres zu seyn. In der Trommelhöhle nämlich liegen der Hammer, Ambos, Steigbügel und das kleine os orbiculare. Aus derselben geht die Eustachische Röhre in die Mundhöhle, deren Bestimmung zu seyn scheint, die Luft der Trommelhöhle stets in gleicher Dichtigkeit zu erhalten. Seitwärts über der Höhle liegt das Labyrinth, worin der Vorhof mit dem kleinen ovalen Fenster, die drey ungleich grofsen halbkreisförmigen Canäle und die Schnecke unterschieden werden. Von hieraus verbreiten sich die verschiedenen Aeste des Gehörnerven, woraus erklärlich wird, das man durch die Zähne, G. IX. 484, Stirn, Schulter u. s. w. hören kann. S. A. Scarpa anat. disq. de auditu et olfactu Tic 1789. fol. Sömmering Abbild. des menschl. Hörorgans, 1805. Loder anat. Tafeln 54. 55. 162. Hunter in phil. tr. LXXII. Monro

Vergleichung d. Baues u. d. Physiologie d. Fische u. s. w. übers. von Camper. Leipz. 1787. 4. G. LIV. 362 u. 425.

Prüfungsmittel der Thätigkeit des Nerven; Durchbohren des tympanum von Cooper vorgeschlagen. G. LIV. 394 ff.

Obgleich die Pulsus der Schallwellen sich nach allen Seiten hin verbreiten; so sind sie doch in der geraden Richtung vom schallenden oder reflectirenden Körper aus am stärksten, und verbreiten sich ungeschwächt durch Röhren von jeder willkührlichen Krümmung. Daher die Täuschung des Hörenden in Hinsicht des Ortes eines schallenden Körpers, die redenden Köpfe und die interessante Vorrichtung der invisible girl G. XXVIII. 244. XXIX. 470. Beym Bauchreden bleiben die äufsern Sprachorgane in Ruhe, die Luft wird nicht ausgestofsen, sondern eingezogen, und die Höhe des Tones willkührlich verändert. Daher die Täuschung durch dasselbe. S. J. d. ph. LXXXI. 58. G. XXXVIII. 96 ff.

Ueber die Akustik überhaupt S. Chladni Entdeckungen über d. Theorie des Klanges, Leipz. 1787. 4. Besser und am vollständigsten: Akustik bearbeitet von Ernst Friedrich Florencourt Chladni, Leipz. 1802. 4. Eine abgekürzte Uebersetzung ist Traité d'Acoustique par E. F. F. Chladni. Par. 1809. 8. Neue Beyträge zur Akustik von dems. Leipz. 1817.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

III. Weitere Entwickelung der Attractionsgesetze.

§. 68.

Dafs alle Körper einer gegenseitigen Anziehung unterworfen sind, ist durch die Erfahrung gegeben, und aus derselben zugleich das allgemeine Gesetz abstrahirt, dafs die Kraft dieser Attraction der Masse direct und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional sey. Eine unmittelbare Anwendung desselben stellt die Lehre der Gravitation und der Schwere auf. (§. 17.) Man kann annehmen, dafs diese allgemeine Kraft durch die eigenthümliche Beschaffenheit der einzelnen Körper modificirt, sich als Cohäsion oder Cohärenz, Adhäsion und Affinität äufsert.

Einige Physiker nennen die Kraft, aus welcher die letztgenannten Erscheinungen hervorgehen, Flächenkraft. Weil aber die Attractionskraft zur Erklärung aller Phänomene ausreicht, wenn wir eigenthümliche Qualitäten der materiellen Elemente statuiren (woraus zugleich die Verschiedenheit der Materie hervorgeht); so können wir so lange bey dieser einen Kraft stehen bleiben, bis die Annahme von mehreren erforderlich ist. Vergl. Erman bey G. XXXII. 263.

§. 69.

Die erste Modification des allgemeinen Gesetzes der Attraction wäre demnach in der Cohäsion gegeben, und wird gemessen durch die Kraft, welche zur Trennung der ein Ganzes bildenden Körper angewandt werden mufs. Ein allgemeiner Ausdruck für dieses Gesetz ist bisher noch nicht aufgefunden, so zahlreich auch die Versu-

che sind, welche man des practischen Nutzens wegen zur Erforschung dieses Gegenstandes angestellt hat.

Alle festen Körper zeigen eine Stärke des Zusammenhanges ihrer Bestandtheile, welche die Anziehung der Schwere bey weitem übertrifft, und sofort vernichtet ist, als eine gröfsere gegenwirkende Kraft eine Trennung derselben hervorbringt. Sowohl aus diesen Gründen, als auch weil diese Cohäsions-Kraft nicht in die Entfernung wirkt, hat man sie als eine eigenthümliche ansehen wollen. Newton ph. n. pr. m. prop. LXXI. theor. XXI. La Place ist anderer Meynung, und Benzenberg zeigt, dafs jene Einwürfe wegfallen, wenn wir die Theilchen der Körper einander unendlich nahe annehmen; G. XVI. 76. Biot ebend. XXXIII. 133, welche Behauptung durch den Calcül gerechtfertigt werden kann. G. G. Schmidt in Münchener Densch. 1808. p. 279. Zum Beweise der Sache an sich, und um zu zeigen, dafs die Kraft selbst durch Trennung der Theile eines Körpers nicht aufgehoben wird, dienen nicht sowohl die Cohäsions-Platten wegen des unvermeidlichen Luftdruckes, als vielmehr das Zusammenhängen frisch geschabter Bley-Cylinder, frisch gehobelter sehr feiner Hobelspähne mit dem Holze, wovon sie geschnitten worden, das feste Anhängen feiner Substanzen am Glase und an sonstigen Körpern, wobey oft durch die Vereinigung der sich berührenden Theile zu einem festen Ganzen die Adhäsion in Cohäsion übergeht, die Festigkeit der in flüfsigen mediis gebildeten Crystalle, geschmolzener Metalle u. a. m.

Dafs die Stärke der Cohäsion der Dichtigkeit der Körper nicht proportional ist, kann kein Gegenbeweis seyn, indem hierbey, so wie bey der Erklärung der Flüfsigkeit die eigenthümliche Beschaffenheit der Elementartheile und vielleicht das specifische Verhalten derselben zu den Inponderabilien berücksichtigt werden mufs. Im Allgemeinen müssen wir annehmen, dafs in Gemäfsheit der Aggregatform nur eine gewisse Quantität der Elementartheile in unmittelbarer oder nahe unmittelbarer Berührung ist, und die Stärke der Cohäsion mufs dann im Allgemeinen der Quantität der zu gleicher Zeit über die Grenze ihrer Cohäsionskraft hinausgerückten Theile proportional seyn. Rumford bey Gilb. XIII. 389. Keineswegs aber ist die Stärke des Zusammenhanges bey gleichen Körpern den Flächen des Queerschnittes proportional.

Versuche über die Stärke des Zusammenhanges verschiedener Körper sind in grofser Menge angestellt. Viele findet man in Muschenbroeck intr. in Gr. Sickingen Vers. über die Platina. Manh. 1782. Nach Guyton Morveau S. G. XXXIV. 209. rissen Dräthe 2 millim. od. 0,887 Lin. d

von	Eisen	durch	510,2 par. ℔
	Kupfer	—	280,7
	Platin	—	254,7
	Silber	—	173,8
	Gold	—	139,3
	Zink (dehnbares)	—	101,7
	Zinn	—	32,1
	Bley (bis zum Dehnen)		11,5
	nach d. Fläche cor.		25,6

Nach Reichenbach zerrifs ein Stab mittelmäfsigen Gufseifsen von 1 bayers. Quad. Zoll Fläche durch 76⅓ Ct. Sibers Phys. 23.

Eine Menge genauer Versuche von M. George Rennie S. phil. trans. 1818. 1. auch Annales de chim. et de ph. IX. 33. Es rissen Stäbe von ¼ Zoll Quadrat (bey 6 Z. Länge) in Pfunden avoir du p. engl.

Gegossen Eisen	1193 ℔
Gufsstahl	8391
Gehämmerter Stahl (Blister)	8322
desgl. (Shear)	7977
Schwed. Eisen (gehäm.)	4504
Engl. Eisen (desgl.)	3492
Speismetall	2273
Geschlagen Kupfer	2212
Gegossen Kupfer	1192
Feiner Messing	1123
Gegossen Zinn	296
Gegossen Bley	114

Die zahlreichen anderweitigen Versuche sind dort nachzulesen.

Sehr ausführliche Untersuchungen über die Festigkeit der verschiedenen Körper S. Eytelwein Statik fester Körper cet. Berl. 1808. S. 233 ff.

Werden Balken mit Lasten beschwert, so ist nach Galilei u. Büffon die respective Stärke derselben gleich dem Producte aus den Breiten in das Quadrat der Höhen divid. durch die Längen. Dieses ist indefs blofs bis so weit gültig, dafs bey zu schmalen und unverhältnifsmässig hohen Prismen keine Biegung seitwärts stattfindet. S. Rennie a. a. O. Ist w die Last, wodurch der Balken bricht, s die Stärke jeder einzelnen Fiber, l die Länge,

b die Breite, c die Tiefe; so ist $w = \frac{s b c^2}{2 l}$. Ist bey einem dreyseitigen Prisma b die Basis, h die Höhe; so ist

1) wenn b oben liegt $w = \frac{s b p^2}{3 l}$.

2) wenn b unten liegt $w = \frac{s b p^2}{6 l}$.

Ist r der Radius eines Cylinders; so ist $w = \frac{\pi s r^3}{l}$. Bey einem hohlen Cylinder, von den Radien r dem äuſsern r′ dem inneren ist $w = \frac{\pi s r (r^2 - r'^2)}{l}$.

Um aus einem Cylinder das stärkste Parallelopipedon zu erhalten, beschreibe man auf dessen Queerschnitte einen Kreis, lege auf den Diameter einen Winkel von 54° 44′ 30″ und wo dieser in denselben einschneidet, da ist der Durchschnitt der beyden erforderlichen Flächen. Büffon H. N. Par. 1779. III. 260. Muschenbroek int. 1127 ff. Coulomb mém. prés. vol. VII. 343. Die Tragkraft der Balken wird vermehrt, wenn auf beyden Enden eine Last ruhet; noch mehr, wenn sie gespannt sind; noch mehr, wenn sie bis in die Mitte eingeschnitten sind, und ein Keil hineingetrieben wird, nach Camüs de Meziéres S. Traité de la force des bois Par. 1782. Vergl. Parrot I. 53. Soll ein biegsamer Körper durch eine Last brechen; so muſs er sich erst biegen, oder in der Mitte herabfallen, und weil hierzu Zeit erfordert wird; so kann er auf kurze Zeitmomente mit einer Last über seine Tragkraft beschwert werden. Langsdorf in Münch. Denksch. 1811. Girard anal. Abh. von dem Widerstande fester K. übers. von Kröncke, Gieſs. 1803. Merkwürdige Cohärenz vegetabilischer und animalischer Körper nach Rumford. Gilb. a. a. O.

§. 70.

Die Gesetze der Attraction zeigen sich ferner in den Erscheinungen der Adhäsion, welche zwischen festen und flüſsigen Körpern sich dann vorzüglich äuſsert, wenn die Elementartheile der letzteren weniger Anziehung zu einander als zu den festen Körpern haben. Werden die adhärirenden Theile fest; so geht die Adhäsion in Cohäsion über; im entgegengesetzten Falle aber las-

sen sich die Erscheinungen des Benetzens, der Adhäsionsplatten und die Capillar-Anziehung auf dieselben zurückführen.

Hierher gehört gleichfalls das Anhängen kleiner Theilchen fester Körper an andern größeren, und ihr gegenseitiges Zusammenhängen.

Wenn bey den Flüſsigkeiten das Gesetz der Anziehung ihrer Theile allein wirksam ist; so nehmen sie der Theorie gemäſs die Kugelgestalt an, z. B. Quecksilber auf Holz, Wasser auf Staube, Regentropfen, selbst Luftblasen, welche im Wasser den Wänden anhängen oder in die Höhe steigen u. a. m. Findet Adhäsion zwischen ihnen und festen Körpern statt; so werden letztere benetzt, und bey zunehmender Menge derselben entstehen durch die Anziehung ihrer Theile gegen einander Tropfen, welche der Stärke der Adhäsion und der Gröſse der berührten Fläche proportional sind. Wasser auf Glase; Quecksilber auf Metall. Herablaufen der Flüſsigkeiten an den Rändern der Gefäſse. Richtung eines Wasserstrahles aus einer schräg geschnittenen Oeffnung; oder bey der Berührung eines Cylinders. Ungleiches Tröpfeln der Medicin. Oft verbindet sich ein flüssiger Körper mit zwey einander genäherten Flächen fester Körper, und bewirkt eine bedeutende Stärke des Zusammenhanges, z. B. Cohäsionsplatten durch Oel, Unschlitt, Wasser u. a. K. verbunden; welcher Zusammenhang noch stärker wird, wenn die flüſsigen Körper fest werden, z. B. das Belegen der Spiegel, Kitten, Leimen, Löthen u. s. w. Wenn gleich feste Körper von gewissen Flüſsigkeiten nicht benetzt werden; so bleiben doch kleine Quantitäten derselben auf ihnen hängen; z. B. Quecksilber auf Glas, Wasser auf Fett. Platten, welche mit denselben in Berührung sind, erfordern eine gewisse Kraft, um losgerissen zu werden. Benetzen aber die Flüſsigkeiten diese Platten, so erheben sie sich durch Adhäsion an dieselben in Gestalt einer Rolle über die Oberfläche oder zwischen zwey parallelen genäherten Platten. Merkwürdig ist das Verdrängen der verschiedenen Flüſsigkeiten, z. B. Wasser, Terpentingeist und Alcohol durch einander von der Oberfläche des benetzten Glases. S. Achard phys. chem. Schr. 354. Guyton Morveau cet. Anfangsg. d. theor. u. pract. Chem. Leipz. 1779. Die Ansichten von Draparnaud, Carradori u. Link S. G. XXIV. 121. Gefärbter Alcohol über Terpentinspir.

in einem Glase von 1 Z. d. gegossen bildet bey der Berührung mit letzterem eine gekrümmte Fläche.

Die wichtigste Anwendung dieser Gesetze giebt die sogenannte Capillarattraction, oder die Wirkung der Haarröhrchen, sehr feiner röhrenförmiger Räume. Bey der Adhäsion der Flüſsigkeiten an die berührenden Platten kommt die Dicke derselben gar nicht in Betrachtung, und die Wirkung derselben auf Wasser hört auf, sobald die Oberfläche mit einer nur äuſserst dünnen Lage Fett überstrichen ist. Die Kraft wirkt also nur in unmeſsbare Ferne, und kann daher bloſs als eine Wirkung der Anziehung zwischen den berührenden Elementen des festen Körpers und den Flüſsigkeiten, welche ϱ, desgleichen zwischen den letzteren unter einander, welche ϱ' heiſsen möge, angesehen werden, deren Richtung nach allen Seiten hin, folglich auch der Schwere entgegengesetzt seyn muſs, und von denen bey Körpern, welche in Flüſsigkeiten eingetaucht sind, die letztere der ersteren allezeit entgegengesetzt ist. Die adhärirende Flüſsigkeit wird daher an dem Umfange eines jeden eingetauchten prismatischen Körpers, und an den Wänden jedes Gefäſses aufsteigen, die nicht adhärirende aber herabgedrückt werden. Eine Flüſsigkeit muſs daher in Gemäſsheit des Conflictes dieser wechselseitigen Anziehungen in den Gefäſsen eine concave oder eine convexe Fläche bilden, und kleine Schwimmer müssen durch einander selbst und durch die Ränder der Gefäſse nach dem Verhältnisse der Adhäsion oder Nichtadhäsion der Flüssigkeit zu ihnen und den Rändern des Gefäſses entweder angezogen oder abgestoſsen werden. Bey einem in eine Flüſsigkeit eingetauchten Haarröhrchen stände dieselbe nach statischen Gesetzen innen und auſsen gleich hoch. Weil aber das Anheben der Flüſsigkeit sowohl von dem eingetauchten als auch dem hervorragenden Theile bewirkt wird, so ist die hierbey thätige Kraft $= 2\varrho$, und weil die Schwere derselben entgegenwirkt; so ist die Länge der gehobenen Säule $= \lambda$, die Dicke $= \delta$ und das spec. Gewicht $= \gamma$ gesetz $\lambda \delta \gamma = 2\varrho - \varrho'$, welcher Ausdruck sowohl für Capillar-Attraction, als auch für Depression gültig ist. Weil aber bey gleichen Flüſsigkeiten die Anhebung über das Niveau eine Function der Fläche, mithin dem Radius $= r$ directe, die Schwere aber dem angehobenen Cylinder, also dem Quadrate des Radius proportional, der Anziehung aber entgegengesetzt ist; so wird für einen positiven oder negativen Werth

$2\rho - \rho' = \frac{1}{r}$ seyn. Mithin ist die Höhe der gehobenen Säule dem Durchmesser umgekehrt proportional, sie ist halb so grofs zwischen zwey Platten, als in einer Röhre von gleichem Durchmesser, als der Raum zwischen diesen Platten; sie ist bey gleichem Inhalte am kleinsten in cylindrischen Röhren u. s. w. Die Kraft der Anziehung ist dem Verhältnisse von $2\rho - \rho'$ und nicht dem spec. Gew. umgekehrt proportional, z. B. Wasser und Weingeist.

Ueber die Theorie und die Erscheinungen der Capillarität S. Hook micrographia. obs. VII. Muschenbroek diss. phys. exper. de tubis cap. in diss. phys. 271. Weitbrecht com. Pet. VIII. 261 et IX. 275. Gellert ib. XII. 243. Clairaut de la figure de la terre. Par. 1743. In gröfster Vollendung ist die Theorie dargestellt, und durch die Versuche von Cavendish und Gay-Lussac erläutert durch La Place theorie de l'action capillaire Par. 1806. u. supplement. ib. 1807. S. G. XXV. 233. XXXIII. 1 bis 182. Faſslich dargestellt von Kries bey Gehlen IX. 104.

Eine wesentliche Anwendung dieser Gesetze findet statt bey der Quecksilberdepression in der torricellischen Röhre, welche bey vollkommen ausgekochten Barometern wegfällt (S. Schmidt Natl. 156), nach der Qualität des Glases und Reinheit des Quecksilbers verschieden ist, und aus der Weite der Röhre und Höhe der Wölbung des Metalles berechnet werden kann. S. Delcros in Biblioth. univ. 1818. May. 1 ff. die Zahlenwerthe der Depression des Quecksilbers in Barometern S. Tab. I. Weitere Anwendungen sind die Hyperbel der Flüſsigkeiten zwischen zwey an einer Seite sich berührenden Glasplatten. Hawksbee's in die Höhe gezogener Tropfen Orangenöl zwischen zwey einen spitzen Winkel bildenden Platten G. XXXIII. 102. Eine Glocke mit einem Haarröhrchen Parrot I. 327. Ein Haarröhrchen als Heber gebogen füllt sich selbst. Aus diesen Gesetzen erklärt man ferner das Filtriren (die filtres inalterables von Cuchet u. Smith G. XXI. 179. Pfaff Wasserreinigungsmaschine. Kiel 1813.), das Aufsteigen des Oeles in Dochten, stete Feuchtigkeit der Erde. Streit über den Ursprung der Quellen. Die Kraft vereinter Haarröhrchen wächst unglaublich, wie das Quellen des Holzes und Elfenbeines, Verkürzen feuchter Stricke, Sprengen der Steine durch befeuchtete Keile und viele andere Erscheinungen zeigen. Die Bewegung der Säfte in organischen Kör-

pern ist aus der Haarröhrenkraft nur zum Theil erklärbar. Das Schwimmen der Nähnadeln auf Wasser wird gleichfalls auf diese Gesetze zurückgeführt. Eine interessante Erscheinung ist das Tragen des Quecksilbers in Flor; desgleichen das Heben des Wassers durch die Verasche Seilmaschine. S. Gehlen IV. 437. Voigt J. VI. 511. Merkwürdig ist ferner die wechselseitige Verbindung des Weingeistes und Wassers in Gefäfsen, welche mit einer Thierblase zugebunden sind. Parrot II. 331. Sömmering in Münch. Denks. Bd. III et IV.

Sonderbare Bewegung kleiner Stücke Kampfer, welche 1 Lin. grofs auf eine sehr dünne Wasserschicht oder kleiner auf eine höhere Wasserschicht geworfen werden. Venturi bey G. XXIV. 147. S. meine phys. Abh. 393 ff.

§. 71.

Dafs auch bey den verschiedenen flüfsigen Körpern untereinander, desgleichen bey den Expansibilien sowohl unter sich, als auch gegen feste und flüfsige Körper diese nämlichen Gesetze in Anwendung kommen, läfst sich der Analogie nach erwarten, und wird durch die Erfahrung vollkommen bestätigt. Diesemnach geben die verschiedenen Flüfsigkeiten mehr oder minder innige Verbindungen, und ebenso die Expansibilien sowohl unter einander, als auch mit flüfsigen Körpern, so dafs die Grenze zwischen chemischen Mischungen und blofsen Mengungen schwer zu bestimmen ist. Selbst an festen Körpern hängen die Expansibilien mit einer solchen Kraft, dafs sie durch den hydrostatischen Druck des Wassers beym Eintauchen in dasselbe nicht davon losgerissen werden.

Einen sehr innigen Zusammenhang der Theile des Wassers unter sich, vorzüglich an der Oberfläche desselben hat Rumford durch Versuche zu erweisen gesucht, und interessante Resultate daraus abgeleitet. G. XXV. 121.

Verschiedene Flüfsigkeiten gehen eine sehr enge Verbindung ein, meistens mit Verminderung des Volumens und Erhöhung der Temperatur, z. B. Wasser und Weingeist, Wasser und Säuren u. s. w. Bey andern scheint

die Verbindung weniger innig zu seyn, weil sie nur bis zu gewissen Verhältnissen statt findet, z. B. bey Wasser und Aether. Noch weniger innig, und der Adhäsion tropfbarer Flüſsigkeiten an feste Körper, welche sie nicht benetzen, ähnlich ist die Verbindung anderer, welche sich in gröſseren Massen nicht vermischen; z. B. Oel und Wasser, Quecksilber und Wasser, die Substanzen, welche das Elemententglas bilden u. a. Ohngeachtet die nicht erfolgte Verbindung ihrer durch Schütteln gemengten Theile aus der verschiedenen Brechung des Lichts sichtbar wird, breitet sich doch ein Tropfen Oel über eine groſse Fläche Wasser aus, ein zweiter aber schwimmt auf derselben. Carradori bey G. XII. 108. Vergl. Link ebend. XXVI. 146. Die letzten Antheile von Luft und Wasser vom Quecksilber zu entfernen, ist das schwerste Problem bey der Verfertigung der Barometer.

Werden die Expansibilien vom Wasser oder von sonstigen Flüſsigkeiten verschluckt; so wirkt die Kraft der Anziehung so stark auf dieselben, daſs keine wahrnehmbare Vergröſserung des Volumens statt findet, mithin dieselben in einen nahe 800mal geringeren Raum zusammengepreſst werden. Daſs diese Mischungen in einem bestimmten Verhältnisse des Quantitativen stattfinden behauptet Dalton N. Syst. d. chem. Th. d. Nat. Wis. übers. von Wolf. I. 223. Wegnahme des Luftdruckes oder Vermehrung der Wärme bewirkt die Trennung. Die Adhäsion der Expansibilien zeigt sich bey unter Wasser getauchten Körpern, oder wenn man verdünnte Schwefelsäure unter diluirte Potasche vorsichtig bringt und einen Streifen Papier eintaucht, Parrot II. 347. Die Expansibilien mischen sich am stärksten und am allgemeinsten mit einander nach bestimmten Verhältnissen und Zusammenziehungen. Gay-Lussac in Mem. d'Arc. II. 207. G. XXXVI. 6. Daltons Theorie S. a. a. O.

Weitere Anwendung auf die gasförmigen Säuren, welche durch Wasser flüſsig, und mehrere Expansibilien, welche nach dem Verhältniſs ihrer Verbindungen tropfbar flüſsig oder fest werden u. s. w. Die Verdünstungen im Allgemeinen und besonders der riechbaren Stoffe gehören gleichfalls hierher. S. meine phys. Abh. a. a. O.

§. 72.

Als eine höchst merkwürdige und sehr allgemeine Wirkung der Attractionsgesetze läſst sich das Bestreben der Elemente vieler Körper anse-

hen, nach aufgehobenen Hindernissen ihrer freyen Bewegung eine regelmäſsige Gestalt anzunehmen. Bey den unbelebten Körpern zeigt sich dieses in der Krystallbildung, deren Formen nicht ohne hohe Wahrscheinlichkeit aus den Gestalten und eigenthümlichen Attractions-Gesetzen der Elemente abgeleitet werden; bey den belebten Körpern lassen sich die minder regelmäſsigen Gestaltungen nicht mit gleicher Bestimmtheit und kaum überall hierauf zurückführen.

Die nothwendigste Bedingung der Crystallisation ist hinlängliche Beweglichkeit der Elemente. Daher entstehen die meisten und schönsten Crystalle in flüſsigen Medien, wenn sie eine hinlängliche Zeit ruhig stehen. Merkwürdig sind die durch Verdunstung entstehenden Crystalle des Kampfers, S. phys. Abh. 404. Geschmolzene Metalle werden durch ihre Dickflüſsigkeit gehindert, zeigen aber doch oft crystallinische Textur und Gestalt, als Eisen, Wismuth, Spiesglanz, Zink und Gold nach Mussin-Puschkin, Tromsd. Chem. IV. 4. und auch die Meteorsteine, woraus auf ihre frühere Flüſsigkeit geschlossen werden kann. Daſs bey der Crystallbildung das Bestreben der Verbindung gleichartiger Theile (Anziehung) vorzüglich thätig sey, beweiset unter andern Beaume's Versuch, daſs aus einer Lösung von 2 Th. Salp. u. 3 Th. Glaubers. in warmen Wasser, wenn sie in 2 Gläser vertheilt und in Eis abgekühlt werden, durch einen hineingeworfenen kleinen Crystall des einen und des andern Salzes, im einen bloſs Glaubersalz, im andern bloſs Salpeter crystallisirt. Noch merkwürdiger ist, daſs völlig ruhig stehendes Wasser bis tief unter den Gefrierpunkt erkaltet und erst nach erfolgter Bewegung in Eis verwandelt wird. Analog, aber noch räthselhafter ist, daſs Glaubersalzlösung, im Sinden bereitet, im Vacuo nicht crystallisirt, oft sogar nicht nach dem Schütteln oder dem Zutritte der Luft, bis irgend ein Körper dieselbe berührt. Schweig. J. IX. 70. XV. 157. u. 231. u. a. a. O. Mir scheint die Aetiologie darin zu liegen, daſs durch Verdunstung oder die hineingeworfenen Körper einem Theile etwas Wasser entzogen und dadurch die Bildung des ersten Crystalles eingeleitet wird. Anders Gay Lussac a. a. O.

Ueber Grundformen der Crystalle (das Tetraeder,

Octaeder, vier- und sechs-seitige Prisma, das Rhomboidal-Pentagonal- und Bipyramidal-Dodecaeder und Icosaeder) und molecules integrantes (Tetraeder, dreyseitiges Prisma und Parallelopipedon) nach Hauy. S. traité de mineralogie T. 1. princ. übers. von Karsten I. 59. vergl. Hausmann de relatione inter Corp. nat. anorg. indoles chem. et ext. Gött. 1813. Crystallisations- und Decrepitationswasser.

Die Regelmäfsigkeit und Gleichmäfsigkeit der Formen im Thierreiche (Federn, Schuppen der Fische und der Schmetterlingsflügel S. Lichtenb. verm. Schr. IV. 432.) im Pflanzenreiche (der Blüthen und Blätter. S. Vieth bey G. LIII. 225) ist auf gleiche Weise schön und bewundernswürdig, aber weniger einfach und nicht gleich sicher und leicht auf bestimmte Formen reducirbar.

§. 73.

Die dritte, gleich wichtige Modification der Attractionsgesetze zeigt sich in der chemischen Verwandtschaft. Hierher gehören alle Arten von Mischungen, die Lösungen und Auflösungen, wobey man die Sättigung und Neutralisation unterscheidet; die vielfach modificirten Verwandtschaften und Wahlverwandtschaften, unter denen die einfache, die doppelte, die vielfache, von einigen auch die aneignende und disponirende unterschieden werden. Insbesondere merkwürdig ist der Einflufs der Inponderabilien auf die gesamten Verwandtschaftsgesetze, wobey es fraglich bleibt, ob sie auf die Ponderabilien blofs disponirend wirken, oder mit denselben wirkliche Verbindungen eingehen; in welchem Falle ihnen die Materialität nicht abzusprechen wäre. Durch die neuesten Erweiterungen der Wissenschaft ist nicht blofs die Menge der Erfahrungen, welche diese Frage betreffen, vermehrt, sondern insbesondere auch das Gesetz der constanten Verhältnisse des Quantitativen der verbundenen Elemente dargethan.

Beyspiele der Mengung geben Quarz, Glimmer und Feldspath im Granit; Kreide und Bleyweis; Wasser und Queckeilber; Kohlensäure und Luft. Der Mischung, Eisen und Schwefel im Schwefeleisen; Wasserstoff und Sauerstoff im Wasser; Stickstoff und Wasserstoff im Ammoniakgas. Daſs der Unterschied eines Gemenges und eines Gemisches oft schwer zu bestimmen und überhaupt die Grenze zwischen beyden nicht scharf zu ziehen ist, folgt schon daraus, daſs die Natur überall solche abgeschlossene Classificationen nicht kennt. Lösungen und Auflösungen setzen den Zustand der Flüſsigkeit des Menstrui voraus, und werden als einfache und zusammengesetzte unterschieden. Dahin gehören die Verbindungen der Salze mit Wasser, der Metalle mit Säuren u. a. m. Der Sättigungspunkt findet bey einigen Verbindungen, z. B. Wasser und Weingeist; Wasserstoffgas und Stickgas, gar nicht statt, bey manchen ist er von der Temperatur sehr abhängig; der Neustralisationspunkt kommt fast ausschlieſslich bey der Verbindung von Säuren und salzfähigen Basen vor.

Die Verwandtschaftsgesetze zeigen sich sowohl hinsichtlich der auflösenden Kraft der verschiedenen Flüssigkeiten, als auch durch die eigenthümlichen Verbindungen der verschiedenen aufgelöseten Substanzen. Unter das Erstere gehört der verschiedene Grad der Lösbarkeit oder Unlösbarkeit der Körper in den Flüſsigkeiten. Als Beyspiele für das Letztere dienen

1) für einfache Wahlverwandtschaft die Scheidung des Harzes aus Weingeist durch Wasser, des Quecksilbers aus dem Zinnober durch Eisen u. a.

2) für doppelte W. V. die wechselseitige Verbindung der Bestandtheile bey der Vermischung von schwefelsaurem Natron mit salzsaurem Kalk; des schwefelsauren Quecksilbers mit salzsaurem Natron.

3) für vielfache W. V. die Bildung von essigs. Cali, Schwefelbley und Wasser bey der Vereinigung von essigsaurem Bleyoxyd und Schwefelwasserstoff-Cali.

4) für aneignende V. die Verbindung des Fettes mit Wasser durch Alcali.

5) für disponirende V. die Bildung des Wassers durch Einwirkung der Schwefelsäure auf vegetabilische Körper.

Ob die Inponderabilien als materielle Substanzen zu betrachten sind, welche Verbindungen mit den Ponderabilien eingehen, ist schwer zu entscheiden. Indeſs läſst sich nicht leugnen, daſs die Phänomene allerdings

der Elemente und der allgemeinen Gesetze ihrer Verbindungen zu den mannigfaltigen Körpern. Weil aber so oft schon gewisse Bestandtheile der Körper für einfach gehalten wurden, und sich später als zusammengesetzt zeigten; so bedient man sich des Ausdruckes *unzerlegte Körper*.

§. 75.

Nach den jetzt bestehenden, neuen Berichtigungen stets unterworfenen, chemischen Kenntnissen können als einfache Körper angesehen werden: *Erstens* drey für sich weder in fester noch in flüfsiger Gestalt darstellbare, sehr häufig als Gasarten vorkommende Stoffe, der Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff. Man kann ihnen füglich des gleichartigen Verhaltens wegen den Kohlenstoff anreihen, obgleich derselbe im Diamant rein und für sich dargestellt vorkommt. Sie machen die Hauptbestandtheile aller organischen Körper aus, deren grofse Mannigfaltigkeit vorzüglich auf der quantitativen Verschiedenheit ihrer Mischungsverhältnisse beruhet; und sind zugleich grofsentheils Nebenbestandtheile der meisten unorganischen Körper.

Unter den genannten 4 einfachen Substanzen, welche gleichsam die Wechselwirkung zwischen den beyden Reichen der Natur, dem der organischen und der unorganischen Körper unterhalten, steht billig der Sauerstoff oben an, als Bedingung des Brennens, des Athmens, des Keimens der Gewächse u. s. w. Ueber Respiration S. Spallanzani mém. sur la resp. Geneve 1803. Mem. de Paris. 1790. Davy bey G. XIX. 298 u. a. a. O. Gehlen a. J. I. 2 Hft. Mem. d. l. Soc. d'Arc. II. Am einfachsten erscheint derselbe im *Sauerstoffgas* (Oxygengas, gas oxygène) welches farbenlos, ohne Geruch und Geschmack ist, und vorzüglich das Verbrennen (Säuren) der Körper unterhält. Daher das Verbrennen eines Hölzchens, einer Uhrfeder, des Schwefels, Phosphors u. s. w. mit starker Licht- und Wärme-Entwickelung. Sein spec. G. = 1,104, seine lichtbrechende Kraft = 0,8616. Es macht 0,21 der atmosphär. Luft aus. Man erhält dassel-

mit $1\frac{1}{2}$; 2; $2\frac{1}{2}$; 3 oder andern ganzen Zahlen multiplicirt werden.

Die Chemiker nehmen daher an, dafs dieses Gesetz in gewissen Gröfsenverhältnissen der constituirenden Bestandtheile gegründet sey, welche letzteren Atome, Massentheilchen, chemische Aequivalente, Gewichtsverhältnisse u. s. w. genannt werden. Welche Gröfse hierbey als Normal-Einheit anzunehmen sey, ob Wasserstoff nach Dalton u. Davy oder Sauerstoff nach Wollaston u. Berzelius scheint bis jetzt noch willkührlich. S. Gmelin Handb. d. theor. Chemie I. 19 ff.

Berthollet stellte die Hypothese von der chemischen Masse auf. S. recherches sur les lois de l'affinité. Par. an XI. übers. von Fischer. Berl. 1803. Dessen Essai de statique chymique. Par. 1803. in Gehlen III. 248. Gegen ihn Proust. G. XXV. 266. Die Hypothese der constanten Mengenverhältnisse der Mischungen stellte in gröfserer Ausdehnung und Bestimmtheit zuerst Richter auf. S. Anfangsgründe der Stöchiometrie, Breslau u. Hirschberg 1792. Berzelius bewies die Zuläfsigkeit dieser Lehre durch Versuche S. G. XXXVII. 249 u. 415. XXXVIII. 361. XL. 162 u. 235. Schweig. VII. 175. Dalton gründete sie auf die Hypothese verbundener Elemeute. S. a. a. O. Vergl. Gilbert de mistionum chemicarum simplicibus et perpetuis rationibus earumque legibus detectis Lips. 1811. 4. in Ann. XXXIX. 361.

§. 74.

Die mannigfaltigen, theils vorbereitenden, theils eigentlichen Operationen des Chemikers gründen sich im Ganzen sämtlich auf die genannten Gesetze der Verwandtschaften, vermittelst deren sowohl die Bestandtheile der verschiedenen Mischungen aufgefunden, als auch die unzerlegbaren, mithin einfachen Grundlagen aller Körper und die allgemeinen Gesetze ihrer Verbindungen aufgesucht werden.

Ueber die vorbereitenden Operationen S. d. Handbücher d. Chemie, z. B. von Gren. Halle 1794; von Trommsdorf, Erfurt 1800, von Prechtl, Wien 1813. von Suckow, Augsburg u. Leipz. u. a. Von den Reagentien, als Prüfungsmitteln vorhandener Substanzen.

Die Hauptbeschäftigung der Chemiker ist die Analyse. Das endliche Ziel ihres Strebens ist die Auffindung

der Elemente und der allgemeinen Gesetze ihrer Verbindungen zu den mannigfaltigen Körpern. Weil aber so oft schon gewisse Bestandtheile der Körper für einfach gehalten wurden, und sich später als zusammengesetzt zeigten; so bedient man sich des Ausdruckes *unzerlegte Körper*.

§. 75.

Nach den jetzt bestehenden, neuen Berichtigungen stets unterworfenen, chemischen Kenntnissen können als einfache Körper angesehen werden: *Erstens* drey für sich weder in fester noch in flüſsiger Gestalt darstellbare, sehr häufig als Gasarten vorkommende Stoffe, der Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff. Man kann ihnen füglich des gleichartigen Verhaltens wegen den Kohlenstoff anreihen, obgleich derselbe im Diamant rein und für sich dargestellt vorkommt. Sie machen die Hauptbestandtheile aller organischen Körper aus, deren groſse Mannigfaltigkeit vorzüglich auf der quantitativen Verschiedenheit ihrer Mischungsverhältnisse beruhet; und sind zugleich groſsentheils Nebenbestandtheile der meisten unorganischen Körper.

Unter den genannten 4 einfachen Substanzen, welche gleichsam die Wechselwirkung zwischen den beyden Reichen der Natur, dem der organischen und der unorganischen Körper unterhalten, steht billig der Sauerstoff oben an, als Bedingung des Brennens, des Athmens, des Keimens der Gewächse u. s. w. Ueber Respiration S. Spallanzani mém. sur la resp. Geneve 1803. Mem. de Paris. 1790. Davy bey G. XIX. 298 u. a. a. O. Gehlen a. J. I. 2 Hft. Mem. d. l. Soc. d'Arc. II. Am einfachsten erscheint derselbe im *Sauerstoffgas* (Oxygengas, gas oxygène) welches farbenlos, ohne Geruch und Geschmack ist, und vorzüglich das Verbrennen (Säuren) der Körper unterhält. Daher das Verbrennen eines Hölzchens, einer Uhrfeder, des Schwefels, Phosphors u. s. w. mit starker Licht- und Wärme-Entwickelung. Sein spec. G. = 1,104, seine lichtbrechende Kraft = 0,8616. Es macht 0,21 der atmosphär. Luft aus. Man erhält dassel-

be am leichtesten durch Glühen des schwarzen Magnesiumoxyd's (Braunstein) oder durch Uebergiefsen desselben mit Schwefelsäure; 1 Th. zu 1 Th. oder durch Glühen des Salpeters. Am reinsten durch Glühen des rothen Quecksilberoxyds oder durch den Einflufs des Lichtes und der Wärme auf befeuchtetes chlorinsaures Cali.

In seinen Verbindungen liefert d. Sst. vorzüglich die Säuren a) unvollkommenere, b) vollkommenere; und die Oxyde, wohin vorzugsweise die Metallkalke gehören, in den sehr verschiedenen Graden ihrer Sättigung mit demselben, als Suboxydule, Oxydule, Oxyde und Hyperoxyde.

Der Stickstoff, auch Salpeterstoff, azote genannt, bildet unter andern eine Gasart, welche farbenlos, ohne Geruch und Geschmack ist, das Verbrennen nicht unterhält und zu 0,79 Theilen mit 0,21 Sauerstoffgas gemengt (oder gemischt) die atmosphärische Luft, als einzige eigentlich respirabele Gasart bildet. Man erhält dasselbe daher, wenn man dieser den letzteren Bestandtheil durch Phosphor, feuchte Schwefelalcalien oder die Respiration von Insecten entzieht, im letzteren Falle nach Absonderung der entstandenen Kohlensäure. Sein spec. G. = 0,96913.

Der Stickstoff kommt aufserdem in mehrfachen Verbindungen, sowohl in fester als auch in flüfsiger und expansibeler Gestalt vor. Dahin gehören 1) seine Verbindungen mit Sauerstoff in verschiedenen quantitativen Verhältnissen. Wird die entstandene Verbindung = 1 gesetzt, die Quantität Sauerstoff aber in bekannten Zahlen, die des Stickstoff durch x ausgedrückt; so giebt die letztere Gröfse A) mit 0,358 Th. Sstoff oxydirtes Stickgas, von 1,52 sp. G., welches aus Salpetergas durch Entziehung eines Antheils Sauerstoff erhalten wird, und (vielleicht wegen Ungleichförmigkeit der Mischung) verschiedene Wirkungen äufsert, namentlich die mit einem süfslichen Geschmacke und Geruche verbundene berauschende Kraft. S. Davy Researches chemical and phil. chiefly concerning nitrous oxyde and its resp. Lond. 1800. 8. übers. mit Anm. von Nasse, Lemgo 1814. v. Mons J. d. ph. et chim. I. 21. II. 108. V. 70.

B) Mit 0,527 Th. Sstoff Salpetergas, welches farbenlos durch Zutritt des Sstoffg. sich in rothe Dämpfe verwandelt, auf die Lungen tödlich wirkt, das Verbrennen weniger Körper, z. B. der glühenden Kohlen unterhält, vom sp. G. = 1,036. Man erhält dasselbe am leichtesten aus Kupfer, Silber, oder Quecksilber u. s. w. und verdünnter Salpetersäure.

C) Mit 0,626 Th. Sst. acide pernitreux, welches bey der Vereinigung von 4 Maſsen Salpetergas und 1 Maſs Sstgas gebildet wird.

D) Mit 0,690 die salpetrige Säure, welche beym Vermischen von 2 Maſs Salpetergas mit 1 Maſs Sstoffgas als dunkelrother erstickender Dampf erscheint, und das Brennen der Kohle und des Phosphors unterhält.

E) Mit 0,736 Sst. Salpetersäure. Sie läſst sich nicht für sich darstellen, und wird daher aus den salpetersauern Salzen durch Schwefelsäure mit Wasser und salpetriger Säure verbunden geschieden, bildet gereinigt eine wasserhelle Flüſsigkeit von 1,62 sp. G. Im concentrirten Zustande heiſst sie Salpetergeist, mehr verdünnt, Scheidewasser.

S. Gmelin Hdb. I. 284 ff. Nach Döbereiner ist die Luft ein Gemisch, und bietet die erste Oxydationsstufe dar, wodurch die Proportionen anders werden. S Schweig. XIV. 218. Nach Berzelius ist der Stickstoff eine Verbindung aus Nitricum u. Sst. S. Elem. d. Ch. I. 179. G. XLVI. 149.

2) Im Verhältniſs von 81,9 zu 18,1 mit Wasserst. verbunden giebt Ammoniak, welches rein als farbenloses Gas von 0,594 sp. G. gegen Luft und sehr stechend von Geruch ist. Mit Wasser giebt es den Salmiakgeist, mit Säuren Neutralsalze, namentlich mit Salzs. d. Salmiak.

3) Im Verh. 54,5 : 45,5 mit Kohlenst. verbunden giebt das von Gay-Lüssac entdeckte Cyanogéne, ein farbenloses Gas von 1,8 sp. G., welches mit Wasser und vielen andern Körpern Verbindungen eingeht.

4) Im Verh. 52,4 : 43,7 : 3,9 mit Kohlenst. und Wasserst. verbunden giebt die Blausäure, welche als wasserhelle, sehr flüchtige, stark nach bittern Mandeln riechende und höchst tödtliche Flüſsigkeit von 0,705 sp. G. erscheint. Sie verbindet sich mit Wasser, Alcohol, den Alcalien und mit verschiedenen Metallen, und ist vorzüglicher Bestandtheil des Berlinerblau. Schw. II. 204. G. XL. 229.

Anderweitige Verbindungen mit Phosphor, Jodine, Chlorine u. a. m. werden in der Chemie weitläuftiger abgehandelt. Indeſs ist die letztere Verbindung, welche (mit Wasserstoff?) das detonirende Oel des H. Dülong bildet, vorzüglich merkwürdig. S. Schw. VIII. 302. u. 309. G. XLVII. 43. 56. 69. Auch ist der Stickst. ein Hauptbestandtheil der thierischen Muskeln, und es wird daher Stickgas durch Salpetersäure aus denselben entbunden.

Der Wasserstoff, hydrogéne, erscheint am einfachsten im Wasserstoffgas, welches rein, ohne Geruch und Farbe, 13½mal leichter als Luft, oder von sp. G. = 0,0732 durch Zerlegung des Wassers gewonnen wird. Gazometer von Lavoisier S. dessen traité de chimie, von Hauch in Gren. n. J. II. 1. von v. Marum. Gren. V. 154. von Seguin G. II. 185. von Mayer descriptio machin. cet. Gött. 1800. von Fischer bey Scherer X. 301. von Voigt Trommsd. J. XII. 44. u. a. Es unterhält das Verbrennen nicht, ist aber selbst höchst verbrennlich, und kann daher mit Sauerstoff verbunden als Hauptgrundlage detonirender Substanzen angesehen werden. Mit Sst.gas dem Vol. nach 2 : 1 gemengt giebt Knallgas, welches unter Licht- und Wärme-Entwickelung zu Wasser sich vereinigt. S. Gehlen V. 95. G. XX. 99 Schw. IV. 238. mit Kohlenstoff im Verh. 0,15 : 0,85 giebt ölerzeugendes Gas von 0,978 sp. G. und im Verh. 0,261 : 0,739 Kohlenwasserstoffgas, oder Sumpfluft von sp. G. 0,6 bis 0,8; mit Phosphor das Phosphorwasserstoffgas, welches durch Erhitzung von 1 Th. Ph. u. 2 Th. concentr. Aetzlauge erhalten wird, bey Berührung der atm. Luft oder des Sst.gas mit starker Explosion verpufft und wahrscheinlich die Ursache der Irrlichter ist. Aufserdem gehen Boron, Calium, Arsenik, S. Stromeyer in J. d. ph. LXVIII. 147. Zink, und gewifs noch andere Körper mit demselben Verbindungen ein. Am merkwürdigsten ist, dafs der Wasserst. eben wie der zweyte Bestandtheil des Wassers mit mehreren Grundlagen Säuren bildet, als Hydrothion- Hydriod- Salz- Flufs- Blau- Hydrotellur-Säure und Wasserstoffschwefel. Als Bestandtheil der organischen Körper ist der Wst. vorzüglich wichtig, auch ist wohl nicht zu bezweifeln, dafs das constante Mischungsverhältnifs der Luft auf der Zersetzung des Wassers durch die Vegetabilien beruhet. S. meine (bis jetzt nur zum Theil bekannt gemachten) Unters. in G. XXXIII. 428. XXXIV. 296.

Der Kohlenst. kommt rein im Diamant, als Hauptbestandtheil in der Kohle, dem Graphit und Athracit vor, verbindet sich mit S.stoff im Verh. 0,428 : 0,572 zum farbe- und geschmacklosen, sehr tödtlichen Kohlenoxydgas von sp. G. 0,968. S. Boeckmann in Naturkundige Verhandl. van d. Holl. Maatschappi d. Wetensch. te Harlem VIII. 1817. und im Verh. von 0,27 : 0,73 zu Kohlensäure. Diese vom sp. G. = 1,52 kommt blofs in expans. Gestalt vor, wird durch das Verbrennen der Kohlen und kolenstoffhaltiger Substanzen erzeugt, wirkt erstickend auf

die Respirationswerkzeuge, löscht brennende Körper aus, verbindet sich mit Wasser, den Alcalien und Erden, aus denen sie durch stärkere Säuren geschieden werden kann. Parkers Maschine. Die sonstigen Verbindungen des Kohlenstoffes mit Schwefel zum Schwefelkohlenstoff (Lampadius Schwefelalcohol) mit Eisen zu Stahl und mit Wasserst. Stickst. u. a. Substanzen zu den organischen Körpern werden in der Chemie erläutert.

§. 76.

Als einfache Substanzen haben wir bis jetzt noch, einiger triftigen Gegengründe ungeachtet, verschiedene Körper anzusehen, welche für sich darstellbar mit andern Substanzen mehrfache Verbindungen eingehen, als Phosphor, Schwefel, die Grundlage der Flufs-, Borax- und Salz-Säure und die neuerdings entdeckte Jodine.

Unter den genannten Substanzen sind vorzüglich Schwefel und Phosphor nicht für einfach zu halten, wenn die Erfahrung es ferner bestätigt, dafs dieselben durch thierische und vegetabilische Organisation erzeugt werden. Vergl. Berzel. I. 186. Der Phosphor, von Brandt 1669 entdeckt, wird aus Knochen, worin er sich häufig als Phosphorsäure mit Kalk verbunden findet, durch Kohle reducirt, durch den Einflufs des weifsen oder violetten Lichtes in das sogenannte rothe Phosphoroxyd verwandelt, erscheint als phosphorige, durch Verbrennen als Phosphorsäure, welche sich, wie der Phosphor selbst, mit mehreren Substanzen verbindet. S. Berzel. bey G. LIII. 31 ff.

Der Schwefel giebt mit lose verbundenem Wasser die Schwefelmilch, mit Sauerstoff das Schwefeloxyd, im Verh. von 50:50 die schwefliche, und im Verh. von 40:60 die Schwefelsäure. Erstere wird meistens durch Verbrennen des Schwefels erhalten und dient zum Bleichen gelbgewordener thierischer Substanzen; die letztere als englische Schwefels. durch Verbrennen des Schwefels, oder als Vitriolöl durch Destillation des Eisenvitriols bereitet, hat sehr grofse Affinität zum Wasser und zu den salzfähigen Grundlagen, weswegen sie die meisten andern Säuren davon trennt. Endlich findet sich der Schwefel in grofser Menge mit den Metallen verbunden.

Die Grundlage der Flufsspathsäure, welche sich vor-

züglich mit Kalk im Flufsspath findet, ist noch nicht für sich dargestellt, wohl aber seit 1808 die Grundlage der Boraxsäure, welche letztere frey als Sassolin, mit Natron verbunden als Tinkal, im Ganzen nur selten vorkommt. Die Flufssäure löset die Kieselerde auf; daher ihre Anwendung zum Aetzen in Glas. S. Lichtenberg in Gött. Taschencal. 1789. S. 138.

Die Chlorine, welche man anfangs für Salzsäure mit S.stoff verbunden hielt, ist nach Davy eine einfache Substanz, welche als grünlich gelbe Gasart, aus 3 Th. Kochsalz, 2 Th. mit gleichviel Wasser verdünnter Schwefelsäure und 1 Th. Braunstein durch gelinde Erhitzung entbunden wird, vom sp. G. 2,47, sehr erstickend und in gröfserer Menge geathmet zum Bluthusten reitzend. Sie wirkt auf Pflanzenfarben zerstörend, dient daher zum Bleichen, hauptsächlich der Baumwolle, und verbindet sich mit Spiesglanz, Arsenik, Wismuth, Zink, Eisen u. a. Metallen unter Licht und Wärme-Entbindung. Mit Wasser verbindet sie sich bey 0° bis 4° C. zu einer wachsähnlichen crystallinischen Masse, bey höherer Temperatur in stets verminderter Menge zur liquiden Säure. Mit Wasserstoff verbunden giebt sie gemeine Salzsäure; mit Sauerstoff Davy's Euchlorine. Mit den Alcalien in Berührung gebracht zerfällt sie in saure Salze (Berthollet'sche Knallsalze) und in Chlorin-Wasserstoffsaure Salze. Nach Graf Stadion giebt es eine vierfache Verbindung der Chlorine mit 1; 3; 5; 7-facher Quantität S.stoff, welche Euchlorine, dreyfach oxygenirte Chlorine, Chlorinsäure und oxygenirte Chlorinsäure genannt werden. G. LII. 197. Benutzung des Berthol. Knallsalzes zu chemischen Feuerzeugen, indem man dasselbe mit etwas Zinnober, Zucker und Wasser an Schwefelhölzer bringt. Berzel. I. 655. Sonst nimmt man gleiche Theile Salz, und Goldschwefel mit Gummiwasser. Dobereiner Chem. Aus 16 Th. desselben mit 1 Th. Schwefel, 1 Th. Kohle werden die kleinen runden Zünder der Gewehre verfertigt, wozu Page das Schlofs erfand. S. ebend. auch Mem. de l'Inst. XIV. LXXXVI. Hermbst. Büllet. XII. 2. 104. Döbereiner in Schweig. J. IX.

Die Jodine, von Courtois entdeckt, ist in ihrem Verhalten der Chlorine sehr ähnlich, erscheint fest als schwarzgraue, glänzende Crystalle, welche bey 175° in veilchenblaue Dämpfe verwandelt werden. Ihre mannigfaltigen Verbindungen haben meistens eine sehr schöne Farbe. S. Ann. de chim. LXXXVIII. 394. XCI. 5. G. XLVIII. Schw. XI. 68.

§. 77.

Bey weitem die zahlreichste Classe der einfachen Körper machen die Metalle aus, welche sich im Ganzen durch ihr gröfseres spec. Gew. den eigenthümlichen Glanz, Undurchsichtigkeit, Wärmeleitung und vorzüglich durch ihr electrisches Verhalten unterscheiden. Sie kommen theils vererzt, theils als Oxyde, theils als Salze, theils regulinisch vor, und lassen sich gröfstentheils durch verschiedene chemische Operationen, zum Theil unter und durch Mitwirkung der Electricität, in der letzteren Gestalt darstellen.

Es giebt 11 neuerdings aus ihren Oxyden gröfstentheils dargestellte, durch ihre Leichtigkeit (sp. G. 0,865 bis 5,00) ausgezeichnete Metalle: Kalium, Natronium, Baryum, Strontium, Calcium, Magnium, Yttrium, Glycium, Alumium, Zirconium und Silicium. G. XXXI. 114. XXXII. 365. XXXVII. 321. Der früher bekannten schwereren (sp. G. 6,0 bis 22,0) giebt es 27: Platin, Gold, Silber, Quecksilber, welche auch edle genannt werden, in sofern sie ohne Zusatz aus ihren Oxyden reducirbar sind; Kupfer, Zinn, Eisen, Bley, Wismuth, Zink, Antimonium, Nickel, Arsenik, Kobald, Molybden, Mangan, Scheel, Chromium, Uranium, Tellurium, Cererium, Titanium, Tantalium, Palladium, Rhodium, Iridium und Osmium. Diese Zahl ist so eben vermehrt worden durch das unbezweifelt eigenthümliche Cadmium ent. von Stromeyer, und das noch problematische Wodamium ent. von Lampadius G. LIX. 87. LX. 99. Auch lassen sich die von Arfredson und Berzelius entdeckten Substanzen Thorine, G. LIX. 229, Lithium und Selenium, G. LIX. 1. hier anreihen.

Reductionen der Metalle in den sogenannten metallischen Vegetationen mit unverkennbarem Einflusse der Electricität. Versuche der Madame Fulhame üb. d. Reduct. d. Met. üb. von Lentin. Gött. 1798.

§. 78.

Die aufgezählten einfachen Stoffe gehen eine unglaublich grofse Menge von Verbindungen ein, welche durch Kunst nur zum Theil, und mei-

stens nicht in derjenigen innigen Mischung dargestellt werden können, wie die Natur, wenigstens im Reiche der organischen Körper, sie liefert. Ob hierbey aufser den Gesetzen der Anziehung noch die Electricität wirksam ist, wie kaum zweifelhaft scheint, und ob noch sonstige unbekannte Potenzen, als die ihrem Wesen nach unerforschte, in ihren Wirkungen unverkennbare Lebenskraft u. a. thätig sind, mufs künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Die bemerkenswerthesten Verbindungen sind die des Sauerstoffs mit den säurefähigen Grundlagen zu Säuren; die Alcalien (Cali, Natron und Lithium als fixe; Ammoniak und Morphium G. LVII. 163. als flüchtige) der alcalischen Erden, Erden und Metalloxyde mit den Säuren zu Neutralsalzen; die Producte der gesammten organischen Natur, der Gährung u. a.

Ueber die problematische Verwandlung der Metalle, Alcalien und Erden in einander; desgl. über die Bildung der für einfach gehaltenen Stoffe durch den Organismus der Natur. S. Vauquelin in allg. Journ. d. Chemie III. 2114. Schrader zwey Preisschr. üb. die eigentl. Beschaffenheit u. Erzeugung d. erdigen Bestandtheile in den Getreidearten. Berl. 1700. J. de phys. LI. 90. Hacquet bey Gehlen 1806. 1. 43. Lampadius neue Erfahrungen im Gebiete d. Chemie u. Hüttenkunde. II. 100. Sammlung chem. Abhandlungen III. 188 ff. v. Crell in com. Soc. R. Gött. rec. I. John in Harlem. Denksch. VIII. u. a.

Ueber die Lebenskraft S. Zoonomie od. Gesetze des organischen Lebens von Darwin üb. von Brandis. Hann. 1795. Roose Grundzüge d. Lehre von d. Lebenskraft. Br. 1797. Treviranus Biologie.

Anhang.

Eudiometrie und Luftreinigung.

§. 79.

Die unrichtige Voraussetzung, dafs die Salubrität der Luft der Gröfse ihres Antheils an Sauerstoffgas proportional sey, veranlafste die Erfindung der verschiedenen Eudiometer, denen man das Anthracometer beyfügen kann. Auch die Mittel, die ansteckenden Miasmen zu zerstören, sind bey der mangelhaften Kenntnifs der letzteren schwer aufzufinden. Indefs sind unter den gehörigen Bedingungen Ventilatoren zweckmäfsig, und der Erfahrung nach werden die sauern Räucherungen, vorzüglich nach dem Vorschlage von Guyton-Morveau nicht ohne grofsen Erfolg angewandt.

Die meisten sogenannten Eudiometer sind blofs S.stoffgasmesser, als 1) Fontana's Salpetergas-Eud., welches in seiner äufsern Form vielfach verändert ist, aber ungeachtet der neuesten Bestimmungen des quantitativen Verhältnisses der Bestandtheile bey der Verbindung des Sauerstoffgas mit Salpetergas, und der hiernach aus der Absorbtion zu berechnenden Menge des vorhandenen Sauerstoffgas durch Dalton und Gay-Lüssac ($^7/_{19}$ u. $^1/_4$), so wie des Vorschlags, den Rest des Salpetergas durch Eisenvitriol zu absorbiren, J. de phys. LX. 129, giebt dasselbe keine grofse Genauigkeit. G. XVIII. 335. XXVII. 374. XXXVI. 37. Journ. of the roy. inst. XIX. 394. 2) Seguin's Phosphor-Eud. verb. von Reboul, Parrot, Gren. Ann. d. chim. IX. 293. 3) Scheele's Eud. durch ein benetztes Gemenge von Eisenfeile u. Schwefel, dess. Abh. von Luft u. Feuer, Leipz. 1782. 4) Guyton's mit Schwefelcali. Crell Ann. 1788. I. 316. 5) de Marti u. Hope's mit Schwefelkalk. J. d. ph. LII. 176. Nichols. J. VI. 210. 6) Davy's mit aufgelöseten grünen Eisenvitriol. Journ. of the Royal Ist. 1801. 45. G. XIX. 394.

Das vollständigste und sicherste Werkzeug zur Zerlegung der Gasarten ist Volta's Wasserstg. Eud. S. Brugnatelli ann. d. chim. I. 171. II. 161. Volta meteor. Briefe, übers. Leipz. 1793. Mag. d. Ges. N. F. I. 267. G. XX. 38. Ann. de chim. 1817. IV. 188. u. a. a. O.

Ueber Anthracometer S. v. Humboldt chem. Zerl. d. Luftkreises. 1799. G. III. 77.

Zur Entfernung der verdorbenen Luft dienen die mit Rücksicht auf Local-Eigenheiten nach aërometrischen Grundsätzen angelegten Ventilatoren (§. 54.) Die Versuche des Dupuytren, Thenard u. Moscati S. G. XLIII. 1. genügen noch nicht, die Natur der Miasmen darzuthun, stimmen aber sehr gut mit der Erfahrung überein, dafs diese Stoffe durch saure Räucherungen zerstört werden können. Dieses geschieht durch Essigsäure (vinaigre des quatre voleurs) salpetersaure Dämpfe nach Schmith oder Chlorine nach Guyton Morveau. Traité d. moyens de desinfecter l'air cet. Par. an IX. 8. G. IX. 357. Man bedient sich dazu der §. 76. angegebenen Mischung, oder der liquiden Säure nach Metrasse S. bulletin de pharm. fevr. 1811. oder d. Fläschchen G. XI. 486. oder der Kugeln aus Kochsalz, Vitriol, Lehm und Braunstein, welche getrocknet und auf Kohlen gelegt werden nach Siegel in München. Vergl. G. XLIII. 1.

Zum Nachlesen dienen: Encyclopädie der gesammten Chemie von Hildebrandt. 12 Hfte. 2te Aufl. 1809.

Dessen Lehrbuch der Chemie als Wissens. und als Kunst. Erlangen 1816.

Trommsdorf system. Handb. der gesammten Chemie. 2te Aufl. Erfurt 1805. 8 Bde.

Fourcroy systéme de connoissances chimiques Par. 1801. X vol. übers. Braunsch. 1801 — 4.

Thomson system of chemistry, übers. von Wolf. Berl. 1805 — 11. IV vol. 1 vol. Supplem. 8vo.

Dalton neues System d. chem. Theils d. Naturwissenschaft, übers. von Wolf. Berl. 1812. 2 vol. 8.

Berzelius Elemente d. Chemie übers. von Blumhof. Leipz. 1816. 1ster Th.

Wurzer Handbuch d. populären Chemie. Leipz. 1814.

Stromeyer Grundrifs d. theor. Chemie. Gött. 1808. 2 Th. 8.

Gmelin Handbuch d. theor. Chemie. Frankf. 1816—18. 3 Bde. 8.

Prechtl Grundlehren d. Chemie in technischer Beziehung. Wien. 2 vol. 2te Aufl. 1817.

IV. Inponderabilien.

§. 80.

Aufser dem Verhalten der wägbaren Körper zeigt uns die Beobachtung der Natur noch eine grofse Menge von Erscheinungen, welche auf die allgemeinen Bewegungsgesetze jener sich nicht zurückführen lassen, sondern durch gewisse, ganz verschieden wirkende Potenzen hervorgebracht werden. Man nennt diese letzteren, ohne ihre eigentliche Beschaffenheit entscheidend zu bezeichnen, Inponderabilien.

Die durch sichere Beobachtungen bekannten Inponderabilien sind Wärme, Licht, Electricität und Magnetismus. Sie heifsen unwägbare Stoffe, weil bis jetzt auch die empfindlichste Waage nicht von ihnen afficirt wurde, ohne dafs damit entschieden ist, ob sie überall nicht gravitiren. Verhielte sich z. B. ihr sp. G. zu dem des Wst. gas wie dessen sp. G. zu dem des Platin; so würde keine Waage dieses messen können. Ob zukünftig noch andere entdeckt werden, läfst sich nicht entscheiden. Man könnte dahin rechnen das noch unbekannte Nervenfluidum und die aller Erfahrungen ungeachtet noch immer unerwiesene Potenz, welche die Erscheinungen des anim. Magnetismus hervorbringt.

Man hat bis jetzt noch keine Hypothese aufgestellt, wodurch der eigentliche Unterscheidungsgrund der Inponderabilität auf eine anschauliche und genügende Weise erklärt werden könnte. Vielleicht läfst sich auch dieses auf die Gesetze der Anziehung zurückbringen, indem allgemein die Festigkeit, gröfsere oder geringere Flüfsigkeit und Expansibilität der Anziehung der Elemente der Körper directe, der Anziehung zu den Inponderabilien, namentlich und vorzüglich zum Wärmestoffe, aber umgekehrt proportional, die Anziehung der Elemente der Inponderabilien zu einander aber unendlich klein zu setzen wäre. S. meine Abh. über d. Schiefspulver. S. 55.

A) Wärme.

§. 81.

Die physische Ursache, welche durch ihre Anwesenheit die Ercheinungen des Erwärmens bis zur gröfsten Erhitzung, durch ihre Abwesenheit die Erscheinungen der Kälte bis zum höchsten Grade der Erstarrung hervorbringt, nennen wir Wärme. Sie besteht entweder in einem eigenthümlichen Verhalten der Körper, oder ist als ein für sich bestehender Stoff anzusehen, welcher die bekannten Erscheinungen in den verschiedenen Körpern hervorbringt.

Ueber das Nichtvorhandenseyn eines Kältestoffes. Davy und Rumford wollen die Erscheinungen der Wärme aus Vibrationen der Körper erklären, und sonach müfste es auch Kälte-Strahlen geben. Die Gründe für diese Hypothese entnehmen beyde aus der Erzeugung der Wärme durch Reiben bey völlig verhinderter Zuleitung von Aufsen, aus der Unwägbarkeit der Wärme und den fehlenden Bedingungen der Materialität, nämlich Ausdehnung und Undurchdringlichkeit. Ueber die letzteren Gründe S. §. 14. Aber auch die Erzeugung der Wärme durch Reiben kann kein Argument seyn, so lange wir die Gesetze ihrer Fortleitung nicht genauer kennen. So wie nämlich im Kreise der Volta'schen Säule Säuren und Alcalien unbemerkt durch einander und durch die empfindlichsten Reagentien wandern, kann auch die Wärme die verschiedenen Körper durchdringen, um an einem bestimmten Orte zum Vorschein zu kommen. Hierdurch soll indefs blofs das aufgestellte Argument widerlegt werden. S. Contributions to physical and med. Knowledge, collected by Th. Beddo'es. Brist. 1799. 8. 1 — 147. Memoirs of the soc. of Manchester V. 2. G. XII. 546 im Ausz. Rumford exper. essay's, essay IX. Phil. trans. 1798. I. 80 — 102. Memoire sur la chaleur Par. und 7 Memoires in Mem. de l'Inst. VI. 71. Prüfung und Widerlegung seiner Theorie von Haldane in J. d. ph. LXV. 213.

Die gewöhnliche Theorie nimmt einen eignen Wärmestoff an, welcher entweder mit dem Lichte identisch oder für sich bestehend ist. (Ueber das Verhältnifs zwischen Licht und Wärme S. §. 145.) Für die Existenz

eines Wärmestoffes spricht das Verhalten der Körper hinsichtlich der specifischen und latenten Wärme, die Vorbereitung chemischer Verbindungen durch dieselbe, z. B. die Verbindung des Knallgas zu Wasser durch Temperaturerhöhung über den Siedepunkt. J. d. ph. 1817. febr. 157. die der Schwere nicht folgende Bewegung der Dämpfe im luftleeren Raume u. a. Das wichtigste Argument liegt ohne Zweifel darin, daſs die Grundlagen der Gasarten, namentlich des Sauerstoffgas, welche letzteren wir als Verbindungen jener ponderabelen Grundlagen mit Wärme anzusehen veranlaſst werden, sich nicht stets, sondern bloſs unter Bedingungen der Affinität mit andern Körpern verbinden, z. B. Metalle, welche das Wasser zerlegen, verbinden sich mit der Grundlage des Sauerstoffgas nur unter gewissen Bedingungen erhöheter Affinität. Fourier questions sur la theorie physique de la chaleur rayonnante in Ann. de chim. VI. 259. Ungenügend ist der Beweis aus der Ausdehnung durch Wärme S. Gregory Haushalt. d. Nat. II. 70. und aus einem Streifen Federharz, welcher durch Wärme durchdrungen, wie ein von Wasser durchdrungener Strick sich verkürzt. Berzel. a. a. O. I. 55. Vergl. J. T. Mayer comment. an varia caloris phaen. pendeant ab actione pecul. mat. cet. Comm. Gött. 1803. T. XV. 1.

§. 82.

Wir können den, zur consequenten Erklärung der Phänomene erforderlichen Wärmestoff auf unserer Erde bloſs im torricellischen Raume für sich bestehend annehmen. Uebrigens erkennen wir denselben einzig durch die Ausdehnung, welche er in allen Körpern hervorbringt.

Die Angaben von Marat, Fordyce u. a. über die Ponderabilität des Wärmestoffes S. v. Crell Ann. 1786. I. 161. Gren. J. VII. 30. Scherer J. II. 736. sind durch Rumfords Versuche widerlegt. G. V. 206.

Daſs der Wärmestoff durch das Torricellische und das Guerickische Vacuum sich bewege, ist kaum zu bezweifeln. Ob für sich allein, oder an (oft ausnehmend feine) Dämpfe gebunden, ist noch nicht ausgemacht. Daſs er tropfbare Flüſsigkeiten als Dampf durch das Vacuum führt, beweisen die Quecksilberkügelchen an der inneren Röhrenwand der Barometer und meine Versuche S. phys. Abh. 364 ff. Gäbe es ein Mittel, die Bewe-

gung des freyen Wärmestoffes im torricellischen Vacuo zu beobachten, so wäre damit seine Materialität erwiesen.

Mehrere Körper, als Wasser, Schwefel, Wismuth, Eisen u. a. machen im Uebergange zum crystallinischen Gefüge eine scheinbare Ausnahme von der allgemeinen Regel der Ausdehnung durch Wärme. Wenn die Kraft, womit die Körper bey ihrer Ausdehnung wirken, unendlich grofs gefunden wird, so folgt dieses aus der unendlichen Menge der in Thätigkeit kommenden Elemente derselben. Anwendung dieser Kraft zur Richtung geneigter Mauern Biot I. 181. und Vorschläge, sie zu Maschinen zu benutzen. Zerspringen eiserner und gläserner Gefäfse durch Erwärmen; Compensatoren langer Röhrenleitungen u. s. w.

§. 83.

Indem man die Intensität der Wärme der Ausdehnung der Körper proportional setzt, erhält man ein Mittel, die erstere zu messen. Die hierzu erforderlichen Werkzeuge sind Thermometer und Pyrometer.

Die gebräuchlichsten Thermometer sind Kugeln mit Weingeist oder Quecksilber (selten Salmiakgeist) gefüllt, an engen, mit Graden versehenen Röhren. Weingeist hat den Vorzug der gröfseren Ausdehnung und des Nichtgefrierens, aber zugleich den Nachtheil des leichteren Siedens, und aufserdem verliert er mit der Zeit die Gleichförmigkeit der Ausdehnung nach Flauguerges J. d. ph. LXV. 295. LXVII. 123. und nach meinen eigenen Erfahrungen. Quecksilbertherm. sind für sehr niedrige Grade unbrauchbar, Luftttherm. würden die vorzüglichsten seyn, wenn sie bequemer und dem Einflusse der Expansibilität der Luft weniger unterworfen wären.

Zur Verfertigung derselben ist erforderlich genaue Calibrirung der Röhren, Entfernung der Luft und Feuchtigkeit und Bestimmung der festen Punkte des schmelzenden Schnees und des siedenden Wassers. S. Gehler A. Therm. Luz Anweisung Thermometer zu verfertigen. Nürnb. 1781. Ueber die Bestimmung des Siedepunktes. S. §. 92.

Den Raum zwischen dem Punkte des schmelzenden Schnees und des siedenden Wassers theilt Fahrenheit in 180, de l'Isle in 150 herabgehende (mém. pour servir à l'histoire et au progres de l'Astr. Petersb. 1738), Reau-

mür in 80, Celsius in 100 Grade, welche letztere Scale die französische und allgemeinste geworden ist. Fahrenheit setzt 32° bis zu seinem Nullpunkte hinzu, und erhält daher 212° beym Siedepunkte. Das Verhältniſs der Grade F : C : R = 9 : 5 : 4. Das jetzige sogenannte Reaum. Therm. ist eigentlich von de Lüc, indem jenes ein Weingeistth. ist, welches zur vollen Uebereinstimmung von 85° bis 0° in 80 Th. getheilt werden müſste, de Lüc über Atmosphäre I. 554. Lalande's Scale geht mit 0 von 9.5 R. bis 132,8 bey 80° R. S. Voigt's Mag. VII. 467. G. XVII. 102.

Ueber Metallthermometer von Ellicot, Mortimer, Löser, Muschenbroek, Schmeaton u. a. S. Gehler. Parrot II. 20. von Jörgensen oder Holzmann oder Regnier S. Scholz Phys. 231. Ihren Stand bleibend bezeichnende Thermometer sind von Keith und Crighton G. XVII. 317. S. fig. 22. und von Six, welches zuerst von Rutherford 1794 angegeben ist. S. transactions of the Edinburg Soc. 1794. G. II. 287. S. fig. 23. Sehr kleine Zunahmen d. Wärme zu messen dient Leslie's Photometer G. V. 236. besser nach der Construction von Schmidt S. Natl. 319. welchem Rumford's Thermoscop oder Microcalorimeter sehr ähnlich ist. Mem. de l'Inst. VI. 71. Am vorzüglichsten ist das Metallthermometer von Breguet Ann. d. chim. V. 313. S. fig. 20.

Pyrometer sind das von Wedgewood, bestehend aus Thonkugeln von Cornwallis, welche in der Hitze schwinden, im Wasser schnell abgekühlt, und dann zwischen zwey convergirenden graduirten Linealen gemessen werden. Der 0 Punkt seiner Scale ist bey 1077 F und 1° W = 130° F. Dasselbe geht dann bis 240° W = 32277° F = 17915° C. S. fig. 24 a. u. b. phil. trans. LXXII. Da die Analysen der Thonkugeln verschiedene Bestandtheile derselben geben, und nach Wedgewood's Aussage diese Thonart nicht mehr rein gefunden wird, S. Fischer Tageb. einer Reise cet. Arau 1816. 107; so hat man die Richtigkeit dieser Messung verdächtig gefunden, Berzel. I. 43. Gazeran hat eine Mischung aus 34 Th. Thon u. 43 Th. Kiesel vorgeschlagen, welche schwerlich zum Zweck führen würde. Ann. de chim. XXXVI. 100. Vergl. Voigt Mag. V. 129. Scherers J. II. 50. G. VIII. 233. Guyton Morveau hat die Grundbestimmungen, worauf dieses Pyrometer beruhet, verdächtig gemacht, Mém. de l'Inst. 1811. 2me sem. p. 89. Ann. de chim. XC. 113. Vergl. ib. LXXIV. 19. LXXVIII. 129, und schlägt statt desselben Platin vor, ohne einen genauen Mechanismus

zur Construction desselben anzugeben. S. Ann. de chim. XLVI. 276. Mem. de l'Inst. IX. fin. Mit einem einfachen Platintherm. misst Brogniart die Hitze der Porzellanöfen in Sêvre. Biot. I. 149.

§. 84.

Die Thermometer würden die Wärme genau messen, wenn sie vom absoluten Nullpunkt ausgingen. Allein da die Bestimmung desselben bis jetzt zwar versucht, aber nicht genügend ausgeführt wurde, und Daltons Theorie über das Verhältniss zwischen den Graden des Thermometers und den Incrementen der Wärme zu wenig begründet scheint, so kann man bloss aus der gleichmässigen Ausdehnung verschiedener Körper durch Wärme auf eine gleichmässige Vermehrung der letzteren schliessen, wobey aber zu berücksichtigen ist, dass die Regelmässigkeit der Ausdehnung aller Körper aufhört, wenn sie derjenigen Temperatur nahe kommen, wobey sie ihren Aggregatzustand ändern.

Dass der absolute Nullpunkt sehr tief unter dem Gefrierpunkte liegen müsse, leidet keinen Zweifel. Vorzüglich hat Dalton eigene und fremde Versuche zur Bestimmung desselben aus den verschiedenen Wärme-Capacitäten der Körper zusammengestellt, und findet ihn zwischen 6111° und 2305,5° C. im Mittel aus allen Versuchen = 3416,6° C. S. Syst. d. Naturw. d. Ue. I. 96—113. Gay Lüssac findet ihn aus d. spec. Wärme d. Wassers = 899°,25 C. Mayer = 266,25 Comm. de vi elast. vap. 29. Suckow bey 760° Nat. I. §. 626. Nach den von mir selbst aufgestellten Gründen liegt derselbe unendlich tief unter 0°, oder er ist überhaupt unbestimmbar, S. phys. Abh. 167. Ueber das Schiesspulver S. 46 ff. womit Dülong und Petit übereinstimmen Ann. de chim. VII. 225.

Nach Dalton dehnen sich alle homogene Flüssigkeiten, als Wasser, Quecksilber u. a. vom Gefrierpunkte, oder dem Punkte der grössten Dichtigkeit an im Verhältniss des Quadrates der Temperaturen aus. S. a. a. O. I. 16, wonach die Thermometerscalen zu verbessern wären. Es ist dieses eben so wenig genügend begründet, als der Einwurf, welchen de Lüc aus der Abweichung

von der mittleren Temperatur einer Mischung von zwey ungleich erwärmten Mengen Wassers hergenommen hat, S. G. XIV. 288: vielmehr bestätigen die neuesten genauen Versuche d. HH. Dülong u. Petit das im §. aufgestellte Gesetz. Es würden demnach zeigen

Thermometer mit Luft	Thermometer mit Quecks.
0°	0°
100°	100°
200°	204°,61
300°	314,15

Eben so bey andern Körpern

Luftterm.	Eisenth.	Kupferth.	Platintherm.
0°	0°	0°	0°
100°	100°	100°	100°
300°	312°,6	328°,8	311°,6

S. Ann. de chim. VII. 113. Meine phys. Abh. 139. Ure in phil. trans. 1818. II.

§. 85.

Wenn gleich die Ausdehnung der verschiedenen Körper innerhalb der bezeichneten Grenzen den Incrementen der Wärme nahe proportional ist, so wird dieselbe doch zugleich bey allen Körpern verschieden gefunden, woraus man auf eine Verschiedenheit ihrer constituirenden Elemente und ihr Verhalten zum Wärmestoffe schliefsen kann. Im Allgemeinen ist die Ausdehnung der Dichtigkeit der Körper umgekehrt proportional, mithin am gröfsten bey den Expansibilien, kleiner bey den tropfbaren Flüfsigkeiten und am kleinsten bey den Metallen. Dafs manche Körper, als Holz, Kohle, Thon und andere Erden durch Hitze mehr zusammengezogen als ausgedehnt werden, ist in dem lockeren Gefüge ihrer Aggregattheilchen und den anderweitigen Modificationen gegründet, welche sie durch die Wärme erleiden. Uebrigens ist des practischen Nutzens wegen die Gröfse der Ausdehnung der verschiedenen Körper mit grofser Genauigkeit bestimmt.

Ueber die mit der Vermehrung der Wärme zunehmende Ausdehnung verschiedener Körper haben wir nur wenige Versuche, indem meistens diese Gröſse bloſs für den Unterschied der beyden festen Punkte des Thermometers durch Versuche bestimmt, und für die übrigen Temperaturen den Zunahmen der Wärme direct proportional angenommen wird. Indeſs haben wir einige Untersuchungen dieser Art, z. B. die schätzbaren der HH. Dulong u. Petit a. a. O., auf die höchst wahrscheinliche Voraussetzung einer stets gleichmäſsigen Ausdehnung der Luft gegründet, wonach die Ausdehnung für 1° C.

	des Eisens	des Kupfers	des Platins
bis 100°	$\frac{1}{28800}$	$\frac{1}{19400}$	$\frac{1}{37700}$
bis 300°	$\frac{1}{22700}$	$\frac{1}{17700}$	$\frac{1}{36300}$

die Länge dieser Körper bey 0° = 1 gesetzt, beträgt.

Hallström fand die Ausdehnung des Eisens für Grade Cent.

0°	10°	20°	30°
1,000 . . .	1,000102;	1,000217;	1,000328;
40°	50°	60°	70°
1,000453;	1,000588;	1,000734;	1,000892;
80°	90°	100°	
1,001063;	1,001247;	1,001446.	

S. Schwed. Abh. d. K. Soc. XXVI. VI. 253. G. XXXVI. 52.

Weit zahlreicher dagegen sind diejenigen Untersuchungen, welche man über das Verhalten der Körper bey Veränderungen der Temperatur innerhalb der festen Punkte des Thermometers angestellt hat. Namentlich sind eine Menge derselben über die Ausdehnung der Expansibilien vorhanden. Vorzüglich haben viele Gelehrte die Ausdehnung der Luft verschieden gefunden, wahrscheinlich wegen beygemischter Feuchtigkeit. Nach Dalton und Gay-Lüssac dehnen sich alle Expansibilien zwischen den beyden festen Punkten des Thermometers um gleiche Gröſsen, u. z. um 0,375 aus G. XII. 261. XIV. 266. Diese Behauptung, gegen welche die Induction streitet, stimmt mit meinen und mehrerer Physiker Versuchen nicht überein. Vielmehr ist

1) die Ausdehnung der trocknen Luft höchstens = 0,375 S. phys. Abh. 146. Vergl. Flauguerges im J. d. ph. LXXVII. 273. LXXXII. 404. LXXXIII. 209.

2) Die Ausdehnung der gemeinsten trocknen Gasarten ist dieser Gröſse so ähnlich, daſs man den Unter-

schied für verschwindend ansehen kann. Vergl. Schmidt in Gren J. IV. 320. Indefs werden wiederholte genaue Versuche denselben allerdings bemerkbar machen.

3) Vollkommen expandirte Dämpfe von Wasser, Alcohol und Schwefeläther dehnen sich stärker aus, als permanent expansibele Gasarten, u. z. bey gehöriger Entfernung vom maximo der Dichtigkeit Wasserdampf =0,41. phys. Ab. 212. Weingeistdampf = 0,4731 mindestens. ib. 255. Schwefel-Aetherdampf = 2,226 ib. 340.

4) Mischungen von Luft und Dampf haben eine Ausdehnung, welche im Verhältnifs der Menge des beygemischten Dampfes gröfser ist, im Ganzen aber das arithmetische Mittel beyder darstellt. Die Ausdehnung der mäfsig feuchten Luft kann man daher = 0,393 setzen ib. 212. Vergl. Flauguergues In J. d. ph. LXXXIII. 344. Schmidt in Hauf physiocrat. Briefwechsel I. 1 ff. Lambert Pyrom. §. 89.

Die Ausdehnung tropfbarer Flüfsigkeiten (mit Ausn. des Quecks.) ist nicht sehr regelmäfsig. Man findet die Resultate der Versuche von de Lüc, Gilpin, Blagden, Nollet u. Dalton zusammengestellt und berechnet bey Biot I. 210—246. Andere Versuche über die Ausdehnung des Wassers und d. Salzsoolen von Bischof. G. XXXV. 313. Sehr ausführliche über eine Menge Flüssigkeiten nebst Tabellen von Schmidt Gren I. 216. S. Tab. 2. Dafs das Wasser den Punkt der gröfsten Dichtigkeit über dem Gefrierpunkt habe, ist von vielen Physikern, am genauesten von Dalton, Schmidt, Hallström und Rumford untersucht. G. XIV. 293 ff. XX. 369. Am gangbarsten ist die Angabe von Lefevre Guineau = 4°,4 C. J. d. ph. VI. 169 und von Tralles zu 4°,35. G. XXXIX. 229. Eytelwein findet die Dichtigkeit des Wassers bey dieser Temperatur = 1 gesetzt, für C Grade = t die Dichtigkeit desselben λ allgemein nach Gilpin's Versuchen, S. G. a. a. O. $\lambda = 0{,}9999793 + 0{,}000030144\,t - 0{,}0000072632\,t^2$. Biot findet nach de Lüc's Versuchen, wenn $t' = (t - 3^\circ{,}42)$ S. I. 237. $\lambda = 1 - 0{,}0000063475\,t'^2 + 0{,}00000013865\,t'^3$. Schmidt fand die Ausdehnung zwischen 15° bis 30° R. von folgenden Flüfsigkeiten, Gren I. 216. Natl. 273.

Wasser — — — — — —	0,01328
Weingeist (sp. G. 0,827) — —	0,03973
Terpentinöl — — — — —	0,03708
Baumöl — — — — — —	0,03017
Alkal. Lauge (4 Th. W. 1 Th. A.)	0,01512
Salzwasser (4 Th. W. 1 S.) —	0,01515

Scheidewasser (sp. G. 1,17)	—	0,02460
Vitriolöl (sp. G. 1,893)	— —	0 02340

Die Ausdehnung des Quecksilbers ist oft untersucht. Am bekanntesten ist die Angabe von Lavoisier u. Laplace $= \frac{1}{5412}$ G. XXVI. 172, genauer die der Londoner Societät $= \frac{1}{5424}$. Phil. tr. LXVII., am genauesten der HH. Dülong u. Petit $= \frac{1}{5550}$ bis $100° = \frac{1}{5425}$ bis $200° = \frac{1}{5300}$ bis 300°. S. a. a. O.

Ueber die Ausdehnung fester Körper sind die vollständigsten Untersuchungen von Lavoisier u. Laplace angestellt Biot I. 158. Hiernach ist die Ausdehnung zwischen den festen Punkten d. Thermomet. von

Gemeines Glas — — —	0,000897
Engl. Flintglas — — —	0,000812
Franz. Bleyglas — — —	0,000872
Kupfer — — — — —	0,001717
Messing — — — —	0,001879
Weiches Schmiedeisen —	0,001220
Eisendrath — — — —	0,001235
Ungehärt. Stahl — — —	0,001079
Gehärt. bey 30° angel. Stahl	0,001378
desgl. bey 65° — — —	0,001239
Bley — — — — —	0,002848
Malacca-Zinn — — —	0,001938
Engl. Zinn — — — —	0,002173
Capellensilber — — —	0,001909
Pariser Silber — — —	0,001908
Reines Gold — — —	0,001466
Pariser Gold, nicht geglühet	0,001552
— — geglühet —	0,001514
Platin (nach Borda) — —	0,000857

Andere Angaben S. Monatl. Corr. II. 553. Tralles Bericht üb. d. Fests. d. Grundeinheiten d. von d. fr. Rep. angenommenen metr. Systems, Bern 1801. Danach ist d. Ausd.

von Eisen	0,001156
Messing	0,001783
Platin	0,000856

Von dem Einflusse der Ausdehnung der Gefäſse überzeugt man sich durch schnelles Eintauchen einer Thermometerkugel in heiſses Wasser. Setzt man die Längen der Körper bey 0° = 1, die Ausdehnung für 1° Cent. = x,

die Temperatur $= t$; so ist die corrigirte Länge $= 1 + tx$ die cor. Fläche $= (1 + tx)^2$, der corrigirte Cub. Inhalt $= (1 + tx)^3$, wofür man genügend $1 + tx$; $1 + 2tx$; $1 + 3tx$ setzen kann. S. Soldner bey G. XXV. 414. Vergl. Tralles ebend. XXVII. 241. Ueber de Borda's sinnreiches Verfahren, aus der Differenz der Ausdehnung einer aus zwey verbundenen Metallen bestehenden Stange die Ausdehnung des Ganzen und die Temperatur zu bestimmen. S. Biot I. 163. Eine schnelle und ungleichförmige Erwärmung bewirkt das Zerspringen gläserner und irdener Gefäſse, wogegen sie durch Auskochen gesichert werden. Ann. d. chim. et phys. 1818.

§. 86.

Wärme wird entweder ursprünglich erzeugt, oder wahrscheinlicher bloſs frey gemacht und in Thätigkeit gesetzt 1) durch das Licht und vorzüglich die directen Strahlen der Sonne, welche Ursache durch die eigenthümliche Beschaffenheit der Körper sehr modificirt wird; 2) durch mechanische Zusammendrückung; 3) durch chemische Verbindungen, wobey die Intensität der Wärme der Stärke der chemischen Action proportional ist; 4) durch vegetabilische und thierische Organisation. Es darf nicht übersehen werden, daſs wir hierbey bloſs den Ueberschuſs der nicht sogleich wieder gebundenen oder abgeleiteten Wärme zu messen vermögen, und zugleich auf die noch nicht hinlänglich bekannte Ableitung derselben Rücksicht nehmen müssen.

Verhältniſs zwischen Licht u. Wärme S. oben §. 145. Nicht bloſs die directen Sonnenstrahlen, sondern selbst das Tagslicht bringen Wärme hervor, welche der Intensität des Lichtes direct proportional ist. Vereinigt man die auf eine Fläche von gegebener Gröſse fallenden Lichtstrahlen auf eine kleinere Fläche, so ist die Intensität der erzeugten Wärme den Flächen umgekehrt proportional. Rumford bey G. XX. 177. Ist daher bey Brennspiegeln und Brennlinsen ihre halbe Chorde $= R$, der Radius des Brennraumes $= r$, die Intensität des aufgefangenen Sonnenlichtes $= i$; so ist die Brennkraft $I =$

$\frac{iR^2}{r^2} - k$, wenn k den Verlust des Lichtes bezeichnet, welches von den Linsen oder Spiegeln und der Luft beym Durchgange verschluckt wird. (Ueber grofse Brennspiegel u. Brenngläser u. deren Wirkung S. Gehler.) Die Wärme erzeugende Kraft der Sonnenstrahlen in den verschiedenen Körpern wird so viel mehr geschwächt, jemehr Lichtstrahlen durchgelassen oder reflectirt werden, und ist daher der Menge des verschwindenden Lichtes direct proportional. (Franklin's Vers. S. Letters on phil. subj. 56. Pictet's Vers. über d. Feuer. Cap. 3. Kochen geschwärzter Eyer in heifsem Sande nach Gregory 74, dunkle und helle Kleider u. a.)

Jedes schnelle Zusammendrücken der Körper, Schleifen, Reiben, Biegen eines Drathes u. a. erhöhet die Temperatur, oft bis zum Glühen. Daher die Methode der Araber, Caffern, einiger indischen Völker u. a. durch Reiben zweyer Hölzer Feuer zu machen. Wärme wird ferner hervorgebracht durch Compression der Luft und Gasarten Dalton mem. of the Soc. of Manch. V. 515. G. XIV. 101. Gay-Lüssac ebend. XXX. 249. Am stärksten ist die Wirkung des Tachopyrion, welches von einem Arbeiter zu Etienne en Forez erfunden, von Mollet zuerst bekannt gemacht wurde. Izarn lithologie atmospher. Par. 1803. G. XVIII. 410. XXV. 118. XXVI. 268. Auch comprimirtes Wasser soll Wärme geben nach Dessaignes J. d. ph. LXXIII. 41. Bey festen Körpern giebt starke Compression, z. B. beym Münzen unmerkliche, Hämmern einige, Reiben, Schleifen, Feuerschlagen u. a. die stärkste Wärme bis zum Glühen. Haldane J. d. ph. LXV. 213.

Werden Körper gemischt, welche eine starke Anziehung zu einander haben, so wird das Volumen meistens geringer, und Wärme oft bis zur Entzündung frey, z. B. Alcohol, caustisches Cali, Schwefelsäure u. a. mit Wasser; Löschen des gebrannten Kalkes; Schwefels. und Magnesia; atherische Oele und Säuren. Dahin gehören die Pyrophore aus gleichen Th. gebrannten Alaun, kohlensäuerl. Cali und Kienrufs eine halbe Stunde rothglühen lassen S. Döbereiner Chem. Lemery's und Baumés Versuch mit gleichen Theilen angefeuchteten Schwefel und Eisenfeile. Mem. de Par. 1700. Die Entzündung der Steinkohlen, feuchter und stark zusammengeballter vegetabilischer Stoffe, des Düngers u. s. w. S. Gehler Art. Selbstzünder.

Eine der merkwürdigsten Erscheinungen dieser Art ist die Selbstverbrennung der Menschen, vorzüglich weiblichen Geschlechts, vor allen Dingen sehr corpulenter und dem übermäfsigen Genusse geistiger Getränke ergebener, ohne dafs jedoch dieses nothwendige Bedingung ist. Die Wahrheit der Erscheinung ist durch das Beyspiel der Gräfin Zangari phil. trans. 1731. n. 476, und diejenigen, welche Socquet essai sur le calorique Par. an. IX. vorzüglich Lair, essai sur les cumbust. hum. produites par l'abus des liqueurs spir. Par. an VIII. Ritter, üb. Selbstentzündungen. Hamb. 1804. und am vollständigsten I. H. Kopp ausführl. Darstellung der Selbstverbrennungen d. mensch. Körpers Fr. 1811. erzählen, aufser Zweifel gesetzt. Das neueste Beyspiel einer Frau von 29 Jahren erzählt Proteau Journ. gener. de Medec. chirurg. cet. 1814 Vergl. Kopp Jahrb. 1815. S. 383. Die Erscheinung, als Folge der Zersetzung, ist ohne Zweifel den Entzündungen vermischter thierischer und vegetabilischer Körper analog, durch den Lebensprocefs gesteigert, und wahrscheinlich durch Entwickelung des Phosphorwasserstoffgas bedingt.

Die gesamten Erscheinungen des Verbrennens bestehen im Allgemeinen in einer Zerlegung des Sauerstoffgas. Demnach hängt dasselbe ab: a) von der durch Temperatur bedingten Verwandtschaft der Körper zum Sauerstoff, z. B. Wasserstoffgas und viel Wasserstoffhaltige Körper, Phosphor, Kohlenst.- und Wasserstoffhaltige Substanzen, Kohle, Schwefel u. a. bis zu den Metallen, welche als flüchtige mit Flamme, als nicht flüchtige ohne Flamme verbrennen. Saussure bey G. XXIX. 127. Lamp. bey Gehlen VII. 716. Berzel. I. 245. Interessante Versuche von Davy J. d. ph. 1817 fev. Einige Metalle, Diamant, Graphit, reine Erden u. a. sind blofs im Focus grofser Brennspiegel oder im Hare'schen Lampengebläse mehr oder minder verbrennlich. b) Von der Menge des vorhandenen oder beym Verbrennen entwickelten Sauerstoffgas. Daher Unmöglichkeit des Brennens im Vacuo oder in mephitischen Gasarten; Blasbälge, Löthrohr, Marquartsche und Ehrmannsche Lampen; Baumé's schneller Flufs, Schiefspulver, Betholletsche Knallsalze u. a. explodirende Mischungen u. s. w. c) Von der durch die Menge der Berührungspunkte erleichterten Verbindung mit Sauerstoff. Hierauf beruhen die Dochte von Alströmer u. d'Argand S. Rumford in Mem. d. l'Inst. VIII. 223. G. XLV. 341. XLVI. 225. Pechfackeln, Thiloriers rauchverzehrender Ofen S. Beschreib. u. Ab-

bild. von Eschenbach. Leipz. 1804. G. XI. 241. Vergl. ebend. XXXII. 306. dünne Scheiben Phosphor, mit Schwefelpulver bestreuet, auf Baumwolle gelegt, schmelzen und entzünden sich; Davy aphlogistik lamps. Ann. of phil. LXIV. 305. Knallgas, mit zu viel mephitischen Gasarten gemischt, oder zu sehr verdünnt, entzündet sich nicht. Davy bey G. LVI. 150. Grothufs bey Schweigg. IV. u. G. LVIII. 345. Ueber das Nichtentzünden des Schiefspulvers im vacuo S. meine Abh. über d. Schiefspulver. Marb. 1817. Die Intensität der durch Verbrennung erzeugten Hitze scheint nicht sowohl von der Quantität des zersetzten Sauerstoffgas abzuhängen, als vielmehr von der Stärke der chemischen Action der sich verbindenden Substanzen. Das Verbrennen als Säuerung wäre demnach nur einer von den verschiedenen, Wärme-erzeugenden Processen, obgleich der gemeinste. Jederzeit wird die erzeugte Hitze bedingt 1) durch die Gröfse der Ableitung derselben, sowohl überhaupt, als auch besonders durch die neu erzeugten Produkte, z. B. Reiben mit Stücken Phosphor ohne Entzündung; geringe Intensität der Hitze der Weingeistflamme; 2) durch die Kleinheit der Masse, worauf die Hitze wirkt. Es schmelzen dünne Fäden Glas, und verbrennt dünner Eisendrath in einer Lichtflamme Parrot II. 95. Ist die Menge der Berührungspunkte mit Sauerstoff zur vollständigen Säuerung zu geringe, so werden die Combustibilien oft nur verflüchtigt, als Lichtschwalk, Kienrufs, Lampenrufs u. a. Die stärkste Hitze giebt das Marcetsche, noch mehr das Neumannsche, oder Clarkesche (eigentlich von Hare erfundene) Lampengebläse. S. Pfaff bey Schweigger XXII. 385. G. LV. 1. Gilberts Theorie desselben Ann. LV. 40. scheint mir nicht genügend; indefs fehlen zur sichern Erklärung noch die gehörigen Versuche. d) Von der Temperatur. Diamant, gehörig erhitzt, brennt für sich weiter; einzelne Kohlen verlöschen in einer kalten Kohlenpfanne; Davy's Sicherungslampen. J. d. ph. 1817. Mars p. 219. G. LVI. 112. Feuerlöschung durch Wasser, Parrot II. 57. und sonstige Substanzen.

Die Menge der durch Verbrennung verschiedener Substanzen entbundenen Wärme mifst man vermittelst des Calorimeters von Lavoisier Mem. de l'Acad. ann. 1780. oder von Rumford G. XLIV. 1. XLV. 1. von May Hermbstädt Büllet. V. 193. von Montgolfier G. XXXV. 484.

Anhang 1. Ueber die Flamme, deren Entstehen, Form und Farbe.

Anh. 2. Ueber Thermolampen und Gasbeleuchtung

S. Accum praktische Abhandlung über d. Gaslicht übers. von Lampadius. Weimar 1816. Andere Uebersetz Berl. 1816. Prechtl Anleit. zur zweckm. Einricht. d. Apparate zur Beleuchtung mit Steinkohlengas. Wien 1817. Vergl. phil. tr. 1808. I. n. 10.

Dafs die Vegetabilien eine eigene Wärmequelle in sich haben, behauptete Hermbstädt in Folge seiner mit H Salome zu Harpke angestellten Versuche. J. d. ph. LXX. 22. de la metherie considerat. sur les êtres organisés II. 296. Dagegen stritt Nau J. d. ph. LXXII. 193. aber die Sache wurde erwiesen durch F. v. Paula Schrank Münch. Deusch II.

In steigender Progression zeigt sich eine eigenthümliche Wärmeproduction bey den Fischen, Amphibien, Insecten, Säugethieren, Vögeln. Die sich wenig ändernde Wärme d. Menschen ist 36°,87. Wahlenberg bey G. XLI. 117. Kleinere Thiere sterben in höherer Temperatur, Menschen aber können dieselbe bis über den Siedepunkt aushalten. J. d. ph. LXIII. 207. LXXI. 289.

Die Ursache der thierischen Wärme liegt nicht in einer Ererbung (nach Caldani in Mem. di mat. et di fisica XIII. 296.) noch in einer Reibung des Blutes in den Adern (nach Boerhave inst. rei med. und Douglas essay sur la gener. de la chaleur des animaux. trad. de l'Angl. Par. 1751.) noch in einer Gährung (Homberg Mem. de Par. 1709.) noch in der Muscularbewegung (nach de la Metherie aus den Versuchen von de la Roche u. Berard J. d. ph. LXXVI. 296. LXXVII. 5. und nach Bunzen G. XXV. 147.) noch auch unmittelbar in der Thätigkeit des Gehirns, wie Brodie aus seinen Versuchen folgern wollte phil. tr. 1812. II. aber durch Emmert widerlegt ist (Hufeland Journ. d. pr. Heilk. 1815. St. 3.) wenn gleich die Respiration eine Folge der Nerventhätigkeit ist (Blumenbach com. Gott. VIII. Bartels die Respir. als vom Gehirn abhängige Bewegung Bresl. 1813.) Vielmehr ist dieselbe vom Chemismus des Lebensprocesses, wobey vorzüglich die Verzehrung des Sauerstoffgas und Bildung der Kohlensäure vermittelst der Respiration als hauptsächliches Mittel zu berücksichtigen ist, abzuleiten. Lavoisier traité de chimie, 387 ff. van Mons theor. de la combust. 1802. S. 77. id. in J. d. ph. LXVIII. 121. Dupyitren, Blainville u. Dumas in Mem. de l'Inst. XII. LXXX. Provençal in Mem. de l'Inst. X. 86. Thomson in ann. of phil. 1815. num. XXX. art. IV. Prout bey Schweig. XV. 56. vorzüglich Le Gallois in Journ. de chim. 1817. Janv. et

Fevr. Vergl. Davy Untersuchungen über die Wärme d. Blutes bey Schweig. XV. 56 u. 474.

Die Ursache der durch Compression und Mischung verschiedener Substanzen erzeugten Wärme findet man in der Verminderung des Volumens und der respectiven Wärmecapacität. Hiergegen streitet, daſs 1) nicht allezeit beyde Erscheinungen zugleich statt finden, z. B. nach Thillaye giebt Alcohol von 0,9688 sp. G. mit ½ des Gew. Wasser gemischt, Wärme und Vermehrung des Volumens Mem. de l'Inst. XIV. LXXXVI. Vergl. Berzel. 400. Eben so bey der Verbindung von Kalk u. Wasser nach Hassenfratz Ann. de chim. XXXI. 284. 2) Daſs oft starke Vermehrung des Volumens mit Wärme-Entwickelung statt findet, welche in den specif. Wärmemengen d. Körper nicht gegründet seyn kann; z. B. beym Verbrennen d. Knallgas, des Schieſspulvers und sonstiger explodirender Mischungen, vorzüglich bey der Zerlegung des Wassers durch Eisen und verdünnte Säuren. 3) Daſs die Menge der Wärme dem Grade der Verdichtung nicht proportional ist, z. B. die Mischung einer gesättigten Auflösung von salzsauern Kalk und Schwefels. verglichen mit der von Terpentinöl und salpeters. Schwefelsäure. 4) Daſs die Kraft der Ausdehnung durch Wärme nahe unendlich ist, mithin die Wärme durch eine nahe unendliche Kraft mechanisch nicht ausgetrieben werden kann. Man muſs daher die Wärme-Entbindung als eine Folge der chemischen Action ansehen, und die Stärke beyder einander direct proportional setzen mit Rücksicht auf die uns noch unbekannten Modificationen der Wärmeleitungsgesetze. Hierfür sprechen vorzüglich Gehlens letzte Versuche, Schweig. XX. 353. Dieses läſst sich auch auf die Erscheinungen von N. 4. anwenden, und das Ganze vielleicht auf das Gesetz der Attraction zurückführen. S. üb. d. Schieſspulver. 55.

§. 87.

Der Wärmestoff kann den Erfahrungen nach keinen Körper verlassen, wenn er nicht von einem andern aufgenommen wird. Befindet sich der erhitzte Körper im leeren Raume oder in trocknen Gasarten, deren Temperatur unverändert erhalten wird; so ist die Bewegung der Wärme langsam, und die Zeiten sind die Exponen-

ten des für verschiedene Körper verschiedenen Verhältnisses der Wärmeabnahme. Dafs für gleiche Massen die Gröfse der Oberfläche einen Einflufs auf die Zeit des Erkaltens habe, ist viel weniger unerwartet, als der grofse Einflufs ihrer Blänke oder Rauheit. Fallen endlich die Wärmestrahlen auf eine polirte metallene Fläche; so werden sie nach Art des reflectirten Lichtes mit unglaublicher Geschwindigkeit fortgepflanzt und in einen Brennpunkt vereinigt, ohne jedoch das Glas zu durchdringen. Letzteres geschieht blofs bey stärker erhitzten Körpern und wird bey leuchtenden der Intensität des Lichtes proportional.

Ob der Wärmestoff den leeren Raum, und bis auf welche Weite durchdringe, ist noch nicht durch die Erfahrung ausgemacht, und kann auch durch Beobachtungen, welche auf irdische Räume beschränkt sind, nicht aufgefunden werden. Das angegebene Newton'sche Gesetz des Erkaltens findet Biot nach eigenen und vorzüglich nach den Versuchen von de la Roche für nahe liegende Unterschiede der Temperaturen genähert richtig, und drückt es aus durch die Formel $\log. T = \log. T_0 - \frac{a}{m} t$ worin T und T_0 die Differenzen der Temperatur des erhitzten Körpers über die Temperatur der umgebenden Luft in zwey Beobachtungen, m den Modulus d. gemeinen Log. a einen beständigen Coefficienten, t die Zeit in Minuten bezeichnet. Uebereinstimmend hiermit sind Dulong u. Petit nach ihren zahlreichen Versuchen Ann. de chim. VII. 225. auch J. d. ph. LXXXVII. Verschiedene Körper zeigen übrigens eine verschiedene Fähigkeit, die Wärme länger bey sich zurückzuhalten, die dichtesten mehr als die lockeren. J. T. Mayer drückt dieses Vermögen durch die Formel $L = \frac{1}{MA}$ aus, wo M das sp. Gew. und A die spec. Wärme bezeichnet. S. v. Crell Ann. 1798. St. 6. Gesetze u. Modific. des Wärmestoffes Erl. 1796. Gren. III. 19. vorzüglich reichhaltig ist Böckmann Vers. über die Wärmeleitung verschiedener Körper. Carlsruhe 1812. Eine Verschiedenheit dieses Verhaltens zeigt sich gleichfalls bey der Berührung verschiedener Körper. Der Mensch kann namentlich leicht einen

kurze Zeit dauernden Einflufs der erhitzten Luft, der Lichtflamme uud glühender Kohlen aushalten, auch glühendes Glas unter Wasser mit der Hand umfassen, nicht aber glühendes Eisen.

Die Kugelform hat bey gleicher Masse die geringste Oberfläche, und wird daher den Körper am schwersten erkalten lassen. Die Blänke der Oberfläche ist überhaupt der Fortpflanzung der Wärme entgegen, und es wird die Bewegung der Wärmestrahlen allgemein, wie die der Lichtstrahlen durch dieselbe modificirt. Rumford bey G. XVII. 33. Böckmann 147.

Ueber die Versuche mit Hohlspiegeln S. Pictet a. a. O. Cap. 3. Biot IV. 632. Vergl. Voigt Mag. VII. 334. G. XIII. 120. Anwendung auf Camine, Rumford bey G. IX. 61.

§. 88.

Auf eine ganz verschiedene Weise zeigt sich das Verhalten der Körper hinsichtlich der Zeit des Fortganges der Wärme, durch ihre ganze Masse, und man kann annehmen, dafs dieselbe im Allgemeinen bey denjenigen Körpern am gröfsten ist, welche am schnellsten erkalten. Man unterscheidet hiernach die besseren und schlechteren Wärmeleiter, obgleich hierbey meistens auch die Fähigkeit der Körper, die Wärme eines sie berührenden wärmeren Körpers durch sich hindurch zu lassen, verstanden wird, in welcher Hinsicht die aufgefundenen Gesetze der Leitungsfähigkeit abermals einige Modificationen erleiden. In letzterer Beziehung ist, vom leeren Raume an gerechnet, das Durchleitungsvermögen der Körper ihrer Dichtigkeit nahe proportional.

Die zuerst angezeigten Erscheinungen, welche füglich unter dem gemeinschaftlichen Namen, Fortleitung der Wärme, zusammengefafst werden können, sind vorzüglich von Jngenhoufs verm. Schr. II. u. J. d. ph. XXXIV. 68, Rumford bey G. XVII. 22. und am genügendsten von Biot, IV. 666. Vergl. G. XVII. 231. untersucht. Wird ein Metallstab an seinen beyden Enden auf eine verschiedene bleibende Temperatur gebracht, deren Unterschied

Y genannt wird; so ist für die Temperatur y desselben in gleichen Distanzen x; $\log. y = \log. Y - \frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}$, wenn M den Modulus der gemeinen log. bezeichnet, eine Formel, welche der vorher gegebenen Newtonschen gleich ist. Aus zwey bekannten Werthen von y und x läſst sich dann Y und $\sqrt{\frac{b}{a}}$ finden.

Vorzüglich kommt in technischer, öconomischer und medicinischer Hinsicht die Fähigkeit der Körper, Wärme durch ihre Masse durchströmen zu lassen, in Betrachtung, welche man allgemein Durchleitungsvermögen nennen könnte. Daſs hierbey die Erkaltungsfähigkeit und die Beschaffenheit der Oberfläche zugleich berücksichtigt werden müsse, versteht sich von selbst. Sind die Bedingungen in dieser Hinsicht gleich, so zeigen sich nach dem angegebenen Gesetze der leere Raum, die trockne Luft, Federn, Pelzwerk, Seide, Baumwolle u. a. Asche, Holz u. s. w. als schlechte Leiter. Gren. IV. 418. G. V. 288. Senebier in Mem. de l'Acad. de Turin an XIII. Gehlen VII. 307. Die Expansibilien und tropfbaren Flüssigkeiten, mit Ausnahme des Quecksilbers, lassen die Wärme langsam durchströmen. Nach Rumford sind sie gar keine Leiter der Wärme, welches durch mehrere Gelehrte, vorzüglich durch Parrot und Prevost widerlegt ist. G. I. 214. 464. VI. 407. VII. 361. XIV. 129. XVII. 257. J. d. ph. 1811. fevr. obgleich die Verbreitung der Wärme durch Flüſsigkeiten und Expansibilien gröſstentheils eine Folge der Strömungen in denselben ist. Hierher gehören die merkwürdigen Erscheinungen, daſs nach Rumford Wasser unter gleichen Bedingungen in 6mal dickeren gläsernen Flaschen früher als in andern von Weisblech erkaltete. Mem. de l'Inst. VI. 102. Daſs nach Davenport siedendes Theer von 102° C. einen eingetauchten Finger nicht verbrennt Bullet. d. l. Soc. philom. 1817. Leidenfrost's und Klaproth's Versuche, daſs ein Wassertropfen in sehr heiſsen Löffeln nur langsam verdunstet S. Leidenfrost de aquae com. nonnullis qualit. Duisb. 1756. Klaproth in allg. Journ. d. Chem. VII 646. Endlich die sogenannte Unverbrennlichkeit der menschlichen Haut, welche durch Waschen mit ½ ℔ Alaun, 4 Lt. Schwefels. 2 ℔ Wasser erhalten werden soll. Hermbstädt büllet. X. Ht. 1 u. 5. Tilloch's phil. mag. I 125. Schweig. III. 404. Auch Pictet's Versuch, daſs ein im Vacuo erhitzter Drath am oberen Ende früher heiſs

wird, ist bis jetzt noch nicht genügend erklärt. Gehler IV. 548.

§. 89.

Wenn die Temperatur verschiedener Körper um gleiche Grade erhöhet werden soll; so erfordern einige mehr, andere weniger Wärme. Das Verhältniſs der für gleiche Massen erforderlichen Wärmemengen zur gleichmäſsigen Erhöhung der Temperatur giebt die specifische Wärmecapacität.

Die Temperaturerhöhung, welche ein erhitzter Körper erhält, ist allezeit = der Differenz der zugeführten und gleichzeitig abgeleiteten Wärme. Daher die Unverbrennlichkeit eines um ein Medicinglas gebundenen Fadens, und Schmelzen des Bleyes in Papier.

Man hat sich viele Mühe gegeben, die spec. Wärme der verschiedenen Körper zu bestimmen. Vorzüglich ist dieses geschehen durch Wilke N. Schwed. Abh. II. 48. und durch Black (Crawford Vers. u. Beob. über d. thier. Wärme a. d. E. Leipz. 1785.) aus der Temperatur vereinigter, ungleich erwärmter Körper, wobey die sp. W. nach Richmanns Regel berechnet werden kann. S. Nov. Com. Pet. I. 152. Sind nämlich die Massen $= m$ und m' die Temper. $= t$ u. t'; so ist $T = \frac{m\,t + m' t'}{m + m'}$. Sind dann die sp. W. $= c$ u. c'; so ist $(m c + m' c')\,T = m c t + m' c' t$ also $c' = \frac{m\,c\,(T - t)}{m'\,(t' - T)}$. Lavoisier und Laplace bestimmten die sp. Wärme der Körper vermittelst des Calorimeters S. a. a. O. der Gasarten Gay-Lussac. Mem. d'Arc. I. 180. am ausführlichsten de la Roche u. Berard. J. d. ph. LXXVI. 155. Ist nämlich das Gewicht des untersuchten Körpers $= p'$, des geschmolzenen Eises $= p$, die Temperatur des ersteren $= t$; so ist die spec. Wärme $c = \frac{p}{p\,t}$ Um sie auf das Wasser, als Einheit zu reduciren, wird sie mit 75 dividirt; weil das Eis 75° C. bedarf, um flüssig zu werden.

Spec. Wärme nach Lavois. u. Laplace.

Wasser	— — —	1,00000
Eisenblech	— — —	0,11051
Glas	— — — —	0,19290
Quecksilber	— —	0,02900

Bley	— — — —	0,02819
Zinn	— — — —	0,04754
Schwefel	— — —	0,20850
Baumöl	— — —	0,30961
Gebrannter Kalk	— —	0,21689
Schwefelsäure (sp. G. 1,87)		0,33460
Salpeters. (sp. G. 1,23)		0,66139

Ausführlichere Tabelle S. Klaproth u. Wolf chem. Wörterb. IV. 437. Die spec. W. der Gasarten nach de la Roche u. Berard J. d. ph. LXXVI. 155.

Expansibilien	Gleiche Volumina	Gleiche Gewichte	Wasser als 1.
Atmosph. Luft	1,0000	1,0000	0,2669
Wasserstoffgas	0.9033	12,3401	3,2936
Kohlensäure	1,2583	0.8280	0,2210
Sauerstoffgas	0,9765	0,8848	0,2361
Stickgas	1,0000	1,0318	0,2754
Salpetergas	1,3503	0,8878	0,2369
Oelerzeug. Gas	1,5530	1,5763	0,4207
Kohlenoxydgas	1,0340	1,0805	0,2884
Wasserdampf	1,9600	3,1360	0,8470

Bey der Bestimmung der sp. W. der Körper durch Mischung derselben ist wohl zu berücksichtigen, daſs sie nicht chemisch auf einander einwirken, oder sich verdichten, z. B. Alcohol und Wasser. So geben 1 Th. Eis und 4 Th. Schwefels. bey 0° eine Mischung von 100° aber 4 Th. Eis und 1 Th. Schwefels. bey 0° geben — 21°.

§. 90.

Wird den Körpern Wärme zugeführt; so steigt im umgekehrten Verhältnisse ihrer respectiven Wärmecapacität ihre Temperatur, so lange sie ihren Aggregatzustand nicht ändern. Findet aber dieses letztere statt, gehen sie namentlich aus dem Zustande der Festigkeit in den der Flüssigkeit, oder aus diesem zur Expansion über; so wird ihre Temperatur durch zugeführte Wärme nicht erhöhet, bis der neue Aggregatzustand völlig hergestellt ist. Man nennt mit Recht den hierzu erforderlichen Wärmestoff latent, weil er das Thermometer nicht afficirt. Daſs bey einer umgekehrten Veränderung des Aggregatzustandes

der Körper eine gleiche Quantität Wärme wieder frey wird, läfst mit Grund auf die Materialität des hierbey wirksamen Stoffes schliefsen, aber es ist noch nicht durch Erfahrung ausgemittelt, ob dieses Gesetz bey allen Körpern Anwendung findet, noch auch ob die zur Veränderung des Aggregatzustandes erforderliche Wärme den respectiven Wärmecapacitäten proportional sey.

Das Gesetz zeigt sich vorzüglich beym Wasser, zum Theil wegen seiner grofsen spec. Wärme. Nach den Untersuchungen von Lavoisier und Laplace (a. a. O.), welche mit denen von Black (a.a.O.) und von Wilke (Schwed. Abh. XXXIV. 39. N. Abh. II.) nahe übereinstimmen, bedarf das Eis 75° C. um zu Wasser von 0° Temp. zu werden. Viele noch nicht genau bestimmte Wärme bedürfen, um flüfsig zu werden, namentlich die crystallisirten Salze. Wird die Auflösung derselben durch gleichfalls zerfliefsendes Eis bewirkt, so entziehen sie den Umgebungen so viel stärker die Wärme, je weniger die Kürze der Zeit und die geringe Temperatur des umgebenden Medii eine Zuleitung derselben gestattet, und geben daher die Mittel zur Erzeugung künstlicher Kälte. Am einfachsten ist 2 Th. fein pulv. Salmiak mit 3 Th. Wasser, oder 3 Th. pulv. Glaubersalz mit 2 Th. verdünnter (2 Th. rauchende S. 1 Th. Wasser) Salpetersäure aufzulösen (Walker bey Gren. III. 458), am wirksamsten nach Lowitz fein pulver. und durch Flor gepuderter salzs. Kalk mit höchstens gleichen Theilen Schnee schichtenweise durch Korkscheiben getrennt, und in einer Mischung aus Kochsalz und Schnee vor der Vereinigung erkältet. Berzel. 58. vergl. Crell chem. Ann. 1796. Bd. I. Voigt Mag. IV. 512. Scherer J. III. 49. Cadet dict. de chim. III. 550. Annal. de chim. XXXIX. 290. G. I. 488. u. a.

Auch das Quecksilber bindet beym Schmelzen 84° Wärme nach Hassenfratz J. de l'ecole polyt. I. 123. Trommsd. J. d. Pharm. VIII. 402.

Eine gröfsere Menge Wärme wird erfordert, um flüfsige Körper zu expandiren. Wie viel der bey jeder Temperatur gebildete Dampf der verschiedenen Flüfsigkeiten zu seiner Expansion bedürfe, ist noch nicht durch Versuche ausgemittelt. Um aber die Menge Wärme aufzufinden, wodurch der aus siedenden Flüfsigkeiten gebildete Dampf seine Expansion erhält, hat man denselben in Eis oder Wasser geleitet, und aus der Menge des

schmelzenden Eises oder aus der Temperatur-Erhöhung des Wassers diese Quantität berechnet, wobey es aber fraglich bleibt, ob nicht der gebildete Dampf gleich allen andern Körpern freye Wärme in das Eis oder Wasser leitet. Der siedendheiſse Wasserdampf enthält nach Schmidt 640° Wärme über dem Nullpunkte. Nat. 294. nach Parrot 524 S. II. 54. nach Berzelius 558°. Nach Klcproth u. Wolf 583°. S. Wört. I. 640. nach Clement u. Desarmes 566°. S. Gmelin I. 106. nach Watt 545°,5. S. Biot IV. 707. Auf allen Fall ist dieselbe sehr groſs. Setzt man sie im Wasserdampf = 1; so ist sie im Alcoholdampf = 0,436 und im Terpentinöl-Dampf = 0,226. Gay Lüssac bey G. XLV. 333. Nach Ure enthält der Dampf folgender Flüſsigkeiten:

Wasser	537°
Alcohol	246°
Aether	168°
Petroleum	99°
Terpentinöl	99
Salpeters.	295
Salmiakgeist	465
Essig	486

S. phil. tr. 1818. II. 389.

Bringt man die flüſsigen Körper in eine Lage, daſs ein möglichst gröſser Theil derselben verdampft, z. B. durch Verbreitung derselben über eine groſse Fläche, Zuführung trockner Luft oder stete Entziehung des gebildeten Dampfes, und vermeidet man zugleich die Zuleitung der Wärme; so lassen sich hierdurch hohe Grade der Kälte hervorbringen, z. B. Bildung des Eises in Ostindien. Gren. J. VIII. 409. die Alcarazzas von Fabbroni G. III. 230. Abkühlung durch Schweiſs und nasse Kleider, des Weins auf Schiffen. Gefrieren des Wassers durch eigene Verdunstung nach Leslie u. Configliachi J. Leslie on a new method of art. congel. in phil. mag. 1817. Juin. G. XLIII. 341. der Blausäure ib. XL. 229. Wollaston's Chryophorus. G. ib. XLVIII. 174. Eisbildung durch Aether nach Mayer Gren II. 358. durch Schwefelkohlenstoff G. XLVIII. 167. Gefrieren des Quecksilbers durch verdampfendes Eis, Aether oder Schwefelkohlenstoff a. d. a. O. Berzel. I. 61.

Beym Festwerden der Körper wird Wärme frey u. z. den Beobachtungen nach soviel, als zum Flüſsigmachen derselben erforderlich ist, z. B. 2 Th. zerfallenes Glaubersalz und 1 Th. Wasser. Das Eis entsteht nur allmälig und schützt im Entstehen die Bäume u. a. Sachen

gegen das Erfrieren. Crystallisirendes Glaubersalz entbindet Wärme, desgleichen gestehender Phosphor und Talg, (Boeckmann 70.) Wachs, Schwefel und einige Metalle nach Irvine S. G. XXXVIII. 305.

Die Phänomene lassen sich nicht füglich nach Irvine u. Dalton blofs aus der respectiven Wärmecapacität erklären.

§. 91.

Das Verhalten der Körper ist sehr verschieden hinsichtlich derjenigen Temperatur, bey welcher sie flüfsig werden, indem Substanzen, welche sich in mehreren andern Eigenschaften gleichartig zeigen, Wärme von den höchsten bis zu den niedrigsten Graden zum Schmelzen erfordern, und einige bis jetzt nicht flüfsig, andere nicht fest geworden sind. Als allgemein aber kann man annehmen, dafs alle Mischungen leichter flüfsig werden, als einfache Körper. Insbesondere haben das Wasser und das Quecksilber wegen der merkwürdigen Erscheinungen bey der genannten Veränderung ihres Aggregatzustandes die Aufmerksamkeit der Physiker erregt. Manche Körper werden früher, als sie flüfsig werden, in ihre Bestandtheile aufgelöset.

Beyspiele geben die Metalle, welche vom strengflüssigsten Platin, Nickel... bis zum leichtflüfsigsten Quecksilber herabgehen. Nach Chaptal Chim. app. aux arts II. 179. finden folgende Grade der Schmelzbarkeit der Metalle statt.

		nach Wedgewood		nach Cent.
Scheel	über	170°	—	8124
Platin	— —	170°	—	8124
Magnesium	—	160°	—	7668
Eisen	— —	158°	—	7577
Nickel	—	150°	—	7213
Kobald	—	130°	—	6301
Gold	— —	32°	—	1835
Silber	— —	28°	—	1653
Kupfer	— —	27°	—	1608
Spiesglanz	—	—	—	272

	nach Wedgewood	nach Cent.
Zink	— — — —	234
Tellur	— — — —	178
Bley —	— — — —	178
Wismuth	— — — —	150
Zinn —	— — — —	143
Arsenik	— — — —	129

Noch unschmelzbarer sind Graphit und die Erden, welche bloſs durch das Knallgas-Gebläse zum Theil schmelzen. Es schmelzen ferner nach Klaproth u. W. chem Wört. vergl. Schmidt 268.

Bernstein 288°
Kampfer 216°
Jod 175°
Schwefel 106°
Schwarzes Pech 77°
Weiſses Wachs 68°
Gelbes Wachs 61°
Hammelstalg 51°
Wallrath 42°
Phosphor 37°
Butter 30°
Milch — 1°
Essig — 2°
Burgunder — 7
Essigsäure — 30
Rauch. Salps. — 40
Quecksilber — 40
Schwefeläther — 44
Ammoniak — 50

Absoluter Alcohol und Schwefelkohlenstoff sind bis jetzt noch nicht zum Gefrieren gebracht. Falsche Angabe von Hutton S. G. XLVI. 119.

Beyspiele leicht schmelzender Mischungen sind das Blut des heil. Januarius, Rosesches Metall, Schnelloth der Klempner, Platin mit Wismuth u. a. Metallen. Die sogenannten Flüsse, Zuschläge u. dgl. m.

Ruhig stehendes Wasser läſst sich bis tief unter 0° erkälten, und wird dann durch Schütteln ganz in Eis verwandelt, wie crystallisirendes Glaubersalz. S. Gehler I. 677. V. 237. Merkwürdig ist, daſs die Dichtigkeit desselben für gleiche Grade unter und über dem Punkte der gröſsten Dichtigkeit gleich ist, z. B. bey — 12$^2/_9$ und + 24. S. Dalton bey G. XIV. 296. Unreines Wasser läſst sich nicht beträchtlich unter 0° erkälten. Salzwas-

ser gefriert mit Ausscheidung einer den Kältegraden umgekehrt proportionalen Menge Salzes. Parrot G. LVII. 144.

Das Eis ist im umgekehrten Verhältnisse seiner Klarheit spec. leichter als Wasser. Nach Scoresby mem. of the Werner. Soc. of Edinburg II. 1. ist das Verhältniſs des klaren Eises

zum Seewasser	=	9 : 10
Fluſswasser	=	14 : 15
spec. G.		0,937

Die hierzu erforderliche gröſsere Ausdehnung erhält es mit einer ausnehmenden Kraftäuſserung. S. Gehler a. a. O. Voigt Mag. VIII. 74. Bey — 21° übt eine Cub. Linie Wasser eine Kraft = 1,42 ℔ aus. S. üb. d. Schieſsp. 97. Parrot leitet die Ursache von der entwickelten Luft ab, II. 65. Dalton von der Crystallisation S. chem. Phil. I. 152. welches nach meinen Versuchen das Richtige ist. S. über d. Schieſsp. a. a. O. Die Crystallform des Eises ist in Nadeln, welche sich in Winkeln von 60° aneinander legen, wie dieses vorzüglich bey der Bildung des Schnees sichtbar wird. Ueber das Gefrieren des Quecksilbers S. Gehler II. 429. V. 474 u. 732.

Unter die Körper, welche früher in ihre Bestandtheile zerlegt werden, als sie schmelzen, gehören die meisten vegetabilischen und mehrere animalische Substanzen.

§. 92.

Diejenigen Expansibilien, welche vorzugsweise beym Sieden der Flüſsigkeiten gebildet werden, nennt man Dämpfe. Sie sind von den Gasarten dadurch verschieden, daſs sie ganz andere Gesetze der Dichtigkeit und der Expansion befolgen. Man hat diese letzteren vielfach untersucht, und bey einigen mit groſser Genauigkeit bestimmt. Wegen der mit der Temperatur schnell zunehmenden Elasticität derselben bieten sie das vorzüglichste mechanische Mittel der Bewegung, und wegen ihrer groſsen Wärmecapacität ein sehr wichtiges Mittel der Erwärmung und der Auflösung dar.

Eine Menge Körper, selbst die strengflüſsigsten Metalle, werden durch Hitze in expansibeler Gestalt fort-

gerissen, und die Dichtigkeit der gebildeten Dämpfe scheint ihrer Schmelzbarkeit umgekehrt proportional zu seyn. Saussüre bey G. XXIX. 127. Lampad. bey Gehlen VII. 716. Das eigentliche Sieden aber findet blofs bey denjenigen Körpern statt, welche bey der mittleren Temperatur noch flüfsig sind, mit Ausnahme der fetten Oele, nach Heinrich Phosphorescenz d. Körper I. 188. wahrscheinlich deswegen, weil die zunehmende Hitze eine stets unter dem jedesmaligen Siedepunkte liegende Veränderung ihrer Mischungsverhältnisse herbeyführt. G. XII. 103. Bey homogenen Flüfsigkeiten und einem gleichbleibenden Luftdrucke ist der Siedepunkt fix, tritt ein, sobald die gebildeten Dämpfe nicht mehr vom kälteren Wasser, oft mit Getöse, absorbirt werden, G. XXII. 397, und wird blofs durch die Beschaffenheit der Oberfläche des Gefäfses, worin sich die Flüfsigkeit befindet, und durch die Stärke der zuströmenden Wärme modificirt, S. meine u. Gmelins Vers. bey G. LVII. 211. Vergl. Achard mem. de Berl. 1785. 2. Ann. de chim. X. 49. LXXXII. 174. Ann. de chim. et d. phys. VII. 307. Kleine, in dem siedenden Wasser befindliche Körper, als Kupferfeile, Sand u. a. erleichtern das Entweichen des Dampfes, und heben daher den Einflufs der genannten bedingenden Umstände wieder auf. Gay Lüssac a. a. O.

Ist eine hinreichende Menge der verdampfbaren Flüssigkeit vorhanden, so wird die vermehrte Wärme stets eine neue Quantität derselben expandiren. Nennt man diese Beschaffenheit des entstandenen Dampfes das Maximum seiner Dichtigkeit, so ist dasselbe eine Function der Wärme und des Druckes, und läfst sich am sichersten durch die Formel $\delta = \frac{1}{v} \cdot \frac{\varepsilon}{213 + t}$ ausdrücken, wenn δ die Dichtigkeit gegen Wasser, beydes im Maximo, ε die Elasticität in Zollen der Quecksilbersäule und t die Temperatur nach R. bezeichnet. Der Coefficient $\frac{1}{v}$ ist für die verschiedenen Arten des Dampfes verschieden. Für Wasser ist er $= 0{,}0064107\ (1 - wt)$ wobey w aus den Versuchen schwer bestimmbar ist, für alle Temperaturen zwischen $-10°$ und $+200°$ aber füglich vernachläfsigt werden kann. Für Alcoholdampf ist $\frac{1}{v} = 0{,}016$ und für Schwefeläther $= 0{,}0179$. Vergleicht man die Dämpfe mit der Luft; so findet für gleiche Temperaturen und Elasticitäten ein constantes Verhältnifs der Dichtigkeit statt,

u. z. für Wasserdampf = 0,6582 oder $\frac{10}{15,2}$, für Alcoholdampf = 1,607, für Aetherdampf = 1,793. S. meine physical. Abhandlungen 1ste Abh. Diese Angaben stimmen mit denen anderer Physiker, namentlich Gay-Lüssac, sehr nahe überein, obwohl diese auf die nothwendige Bedingung der gleichen Elasticität nicht jederzeit gehörig aufmerksam gemacht haben.

Die Elasticität des Dampfes läfst sich wahrscheinlich allgemein am besten durch die von J. T. Mayer aufgestellte Formel: $\log. \varepsilon = A + \log. (213 + t) - \frac{B}{213 + t}$ ausdrücken, worin t die Thermometergrade nach R. A u. B aber durch Versuche zu bestimmende Coefficienten und die log. die gemeinen sind. Für Wasserdampf ist A = 4,2860; B = 1551,09, für Alcoholdampf A = 5,029065; B = 1666,7, für Schwefelätherdampf A = 2,7818278; B = 1144,2 nach meinen Versuchen a. a. O.

Ist bey zunehmender Temperatur keine Flüfsigkeit zur Bildung einer neuen Quantität Dampf mehr vorhanden; so kommt der schon gebildete unter das Maximum seiner Dichtigkeit, und seine Elasticität ist blofs Folge der Ausdehnung durch Wärme §. 85. 3. Aus den bis jetzt bekannten Versuchen folgt, dafs im luftvollen Raume mindestens eine gleiche Quantität Wasserdampf bestehen kann, als im luftleeren, und man kann daher leicht die Quantität Wasserdampf, welche in der freyen gesättigten Luft vorhanden ist, berechnen. Es ist nämlich die Dichtkeit der Luft $d = \frac{h}{28 Z}(1 - 0,00375 t)$ S. §. 53, und also die Dichtigkeit des gesättigten Wasserdampfes $\delta = d\, 0,6582 \times \frac{\varepsilon}{28 Z}$. Eben so läfst sich leicht berechnen, um wie viel die mit Dampf gesättigte Luft durch Abkühlung und erfolgenden Niederschlag an Elasticität in Zollen der Quecksilbersäule vermindert werden mufs, da ihre Elasticität der Summe beyder Elasticitäten der Mischung gleich ist. Nennt man nämlich die beyden Temperaturen (nach C) t u. t'; die denselben zugehörigen Elasticitäten des Wasserdampfes ε u. ε', das Verhältnifs der Barometerstände b; so ist die Verminderung $= 0,00375\,(t - t')\,b + (\varepsilon - \varepsilon')$. S. meine phys. Abh. oder den Auszug aus denselben bey Schweigger XXII. 1. Vergl. Biot I. a. v. O. Die neuesten, in meiner Abhandlung nicht erwähnten

Versuche zur Bestimmung der Elasticität der Dämpfe von Ure finden sich in phil. trans 1818. II. 338.

Das Sieden einer Flüfsigkeit erfolgt, sobald die Elasticität des Dampfes dem Drucke der Atmosphäre gleich ist. Es sieden bey 28 Z. Bar.

Salzäther 12°
Salpeteräther 20°
Blausäure 26,5°
Schwefeläther 37°
Schwefelkohlenstoff 45°
Alcohol 79,7°
Terpentinöl 100° bis 150°
Jod 180°
Vitriolöl 285°
Phosphor 288°
Schwefel 293°
Quecksilber 356°

Letzteres nach Heinrich bey Schweigg. 1811. H. 2. Nach Crichton bey $346\frac{2}{3}$. S. phil. trans. 1818. II. 376. (Ueber die sonderbare Erscheinung eines Siedens, welche sich beym Kampfer zeigt, S. meine phys. Abh. 438.) Bey vermindertem Luftdrucke findet daher das Sieden in geringerer Temperatur statt, und man kann deswegen vom Siedepunkte der Flüfsigkeiten, am besten des Wassers, auf den Druck der Atmosphäre schliefsen. Vergl. de Lüc. Unters. üb. d. Atm. II. 857. Hierdurch erhält die Bestimmung des Siedepunktes bey Thermometern eine Modification, indem von 28 Zoll an gerechnet jede Linie Veränderung des Barometers 0°,07079 R. oder 0°,08849 C. nahe genau zugehört. Vergl. phil trans. LXVII. n. 37. Der Pulshammer. Wollastons (zu wenig genaues) Barometer zum Messen der Berghöhen S. Schweigg. XXIII. 261.

Den Dampf benutzt man mit sehr grofsem Vortheile als bewegendes Mittel, da derselbe durch Abkühlung seine Expansion verliert, und der atmosphärischen Luft nicht mehr entgegen wirkt, worauf die Construction der Dampfmaschinen beruhet. Die erste Idee dazu gab Worchester 1655, nachher Papinus 1688. In unvollkommene Anwendung brachte sie Savery 1699, besser Potter 1705, bis sie durch Watt u. Boulton 1764 einen hohen Grad der Vollkommenheit und in Soho eine wichtige Anwendung erhielt. G. XVI. 130. Hermbst. Büllet. VI. 63. Prony arch. hyd. T. II. Anwendung derselben zu Dampfschiffen seit 1788. S. J. ph. LXXXI. 438. G. LIII. 63 ff. Ueber die Gewalt der Dämpfe und Sicherung dagegen

S. Gregory 107. N. Schr. d. Nat. Ges. zu Berlin IV. 287. G. LIV. 92. 138. Aeolipile; Springkolben; Weingeistfontaine. Luftpumpe durch Dämpfe von Wilke u. Berretray. Der Dampf wirkt den hydraulischen Gesetzen analog (S. §. 43.) in v. Kempelens Dampfmaschine. Gehler I. 567. Racketen; Brandracketen; das Stofsen der Gewehre und Zurückweichen des Geschützes. S. Mosotti in Mem. di Mat. e di Fisica della soc. It. XVII.

Die auflösende Kraft der erhitzten Flüfsigkeiten und vorzüglich der Dämpfe ist ausnehmend grofs. Daher die Anwendung des Papinischen Digesters zur Bereitung der Firnisse, der Knochenbouillon u. a. m. Erste Erfindung desselben durch Dionysius Papinus: A new digestor cet. Lond. 1681. La manière d'amolir les os cet. Amst. 1681. Verbesserung von Wilke. Schwed. Abh. XXXV. 3. von v. Marum S. Allgemene Konst en letterbode. 1801. n. 2. G. XXII. 194. von Edelkranz. Voigt Mag. VII. 308. G. XXII. 124. Meine eigenen Schweigg. XXIII. 203. Eben so werden die Zimmer durch Wasserdämpfe geheitzt, entweder frey, in den Dampfbädern, oder durch Röhren, worin sich der Dampf abkühlt. Transact. of the soc. of arts XXIV. G. XXXIII. 395. XLVII. 348. Kochen mittelst der Dämpfe. Rumford in J. d. ph. LXVI. 121. Journ. of the roy. Inst. I. 34. Biblioth. britan. XLIII. 281. u. a. a. O.

§. 93.

Weil die Luft unter jedem Drucke die Dämpfe in sich aufnimmt, so findet eine stete Verdunstung statt, wodurch die verdampfbaren Flüssigkeiten, und selbst das Eis bey jeder Temperatur vermindert und allmälig ganz verzehrt werden. Die Verdunstung ist so viel stärker, je flüchtiger die Substanzen sind, und wird bey einer jeden derselben durch die Temperatur, die Gröfse der Oberfläche, die Trockenheit und geringe Expansion der Luft bedingt. Durch Verminderung der Temperatur erfolgt ein Niederschlag, und weil dieser, sofern er von dem verdunsteten Wasser der Atmosphäre entsteht, die wäfsrigen Meteore erzeugt; so hat man sich bemühet, die Quantität des Wasserdampfes in der

Atmosphäre durch das Hygrometer zu messen. Hierzu dienen die zahlreichen hygroscopischen Substanzen, welche aber durch die Länge der Zeit ihre Empfindlichkeit verlieren. Die festen Punkte derselben sind derjenige, welcher der gröfsten, durch Wasserdampf oder dicken Nebel erzeugten Feuchtigkeit zugehört, und derjenige der höchsten Trockenheit, wie sie durch erhitzten salzsauren Kalk oder durch kaustisches Cali hervorgebracht wird. Ersteren bezeichnet man mit 100, letzteren mit 0.

Nach den Versuchen von de Lüc, Saussüre u. a. auch meinen eigenen ist die Quantität des Wasserdampfes in der Luft und im leeren Raume gleich S. phys. Abh. 356, obwohl nicht mehrerley Dämpfe im Maximo der Dichtigkeit in der Luft oder im leeren Raume neben einander bestehen können, und zugleich wird so viel Luft verdrängt, als der Elasticität des Wasserdampfes proportional ist, ib. 360. Das Wasser wird aus dem Dampfe bey jeder Verminderung der Temperatur tropfbar flüssig niedergeschlagen, und kann daher weder eine Verwandlung nach de Lüc, noch eine Auflösung im Sauerstoffe nach Parrot erlitten haben, ib. 366. Zur Kenntnifs der Streitigkeiten über die eigentliche Beschaffenheit des verdampfenden Wassers Vergl. Lichtenb. Vertheid. des Hygrometers, Gött. 1800. Weitere Untersuchungen über die Art und Stärke der Verdunstung, über Atmidometer u. s. w. gehören in die Meteorologie. Vergl. de Lüc neue Ideen üb. Meteorologie a. d. F. Berl. 1787. 2 vol. Gren J. V. Cotte in J. d. ph. LXVIII. 436. Flauguergues ib. LXX. 157. Saussüre Vers. üb. d. Hygrom. Leipz. 1784. Hube über d. Ausdünstung, Leipz. 1790. Fischer Verdunstungslehre, Berl. 1810. Lampadius Atmosphärologie, Freyberg 1806. u. Beyträge zur Atmosphärol. ib. 1817. Schön Witterungskunde u. s. w. Würzburg 1819. u. a. m.

Zu Hygrometern nimmt man Säuren und Salze, deren Gewicht sich durch Feuchtigkeit vermehrt; Darmsaiten, Holz, Papier, Grannen, Elfenbein, Horn u. a. Die wichtigsten sind Saussüre's Haarhygrometer, de Lüc's Fischbeinhygrometer S. Gren v. 372 Chiminello's Federkielhygrometer S. Gehler II. 672. G. IV. 479. verbessert von Kummer S. G. LIX. 301. verändert von Retzius

S. Lichtenberg Mag. IV. 163. V. 115. des Giovambaptista da S. Martino aus Goldschlägerhaut S. Lichtenb. VI. 99. Huth's Froschhauthygrometer. S. J. von u. für Deutschl. 1784. 473. Leslie's Hygrometer durch Verdunstung S. Nicholson's J. III. 461. G. V. 236. X. 110. Hochheimers Glastafelhygrometer S. G. I. 314. Lowitzens und Lüdeke's Steinhygrometer S. G. I. 297. II. 70. V. 79. Lampadius schlägt vor salzsauren Kalk; S. Atmosphärologie. Freyb. 1806. S. 110. Vergl. Guyton Morveau bey G. XXXI. 417. Nicholson die royal Smalt. S. dess. Journ. VIII. 85. Parrot (nach Casbois) rohe Seide S. dess. Phys. II. 421. Wilson eine Rattenblase S. Ann. de chim. V. 307. und als die empfindlichste Substanz wird Andropogon contortus Lin. in Asiatik Res. IX. n. II et IX. empfohlen u. a. m.

Wird §. 92. in der Formel für die Dichtigkeit des Wasserdampfes der Werth von ε substituirt, so ist log. $\delta = 0{,}8069055 - 3 + \frac{4{,}286\,t. - 638{,}172}{213 + t}$ eine Function der Temperatur in Graden nach R.; und wenn die Grade γ eines Hygrometers richtig sind; so ist die durch dasselbe meſsbare jedesmalige Dichtigkeit $\delta' = \frac{\delta . \gamma}{100}$.

Viele andere Körper verdunsten almälig in einer Temperatur unter ihrem Siedepunkte, z. B. Kampfer, Schwefel im Sonnenlichte, Jodine, Quecksilber durch die Wärme des Stubenofens und vorzüglich im Torricellischen Vacuo, ohne daſs diese Dämpfe eine meſsbare Expansion haben. S. Messier in Mem. de l'Inst. II. 473. Charpentier bey G. XII. 365. Hierhin gehören die riechbaren Ausflüsse der verschiedenen Körper, selbst mancher Metalle, wenn sie stark gerieben werden. S. meine physic. Abh. 393. Ueber die Flüchtigkeit fein gepulverter Kohle S. Rumford bey G. XLV. 142.

§. 94.

Es läſst sich nicht auf gleiche Weise, als bey den Dämpfen darthun, daſs auch die Gasarten ihre bleibende Expansion dem Wärmestoffe verdanken. Dennoch aber berechtigt die Aehnlichkeit ihrer äuſsern Charaktere, die Art des Entstehens einiger derselben und die bey ihrer Zersetzung oft sehr groſse Wärme-Entbindung

zu der Vermuthung, dafs auch diese hierin den Dämpfen ähnlich zu achten sind.

Zur Literatur, aufser den bereits erwähnten Schriften, vergl. J. Leslie an experimental inquiry into the nature ad propagation of heat Lond. 1805. Langsdorf phys. math. Abhandl. über Gegenstände d. Wärmelehre. Marb. 1796. Prevost recherches phys. mecan. sur la chaleur. 1792.

B) Licht.

§. 95.

Das Licht, dessen Anwesenheit und Stärke wir durch den Sinn des Gesichts erkennen und messen, ist zunächst einziges Mittel der Erleuchtung, zeigt sich aber noch aufserdem als erwärmende und chemisch wirkende Potenz.

Ueber die völlige Abwesenheit des Lichtes können wir eben so wenig als über den absoluten Nullpunkt urtheilen.

Von dem sogenannten Lesen durch die Spitzen der Finger. Nach Rob. Boyle phil. works II. 11. konnte der Organist Vermaafsen, welcher vom 2ten J. an blind war, farbige Bänder durch das Gefühl unterscheiden.

Ueber das Verhältnifs zwischen Wärme u. Licht S. unten §. 145.

Die chemischen Einwirkungen des Lichtes sind ungemein zahlreich, werden durch alle farbigen Strahlen hervorgebracht, sind aber in Hinsicht auf diese letzteren verschieden. S. §. 145. Die auffallendsten Erscheinungen sind die Schwärzung des Hornsilbers, Reduction des Goldoxyds, Scheidung des S.stoffes aus den chlorsauern Salzen, die Verpuffung eines Gemenges aus gleichen Theilen Wasserstoffg. u. Chlorine, Färbung der Pflanzen, Entfärbung des geistigen Extracts frischer Kirsch- oder Flieder-Blätter, Veränderung der Bestuschefschen Nerventinctur, einer Verbindung der Stärke mit Jodine-Wasserstoffsäure, der bluthrothen anthrazothionsauern Eisentinctur, des salzsauern Eisens, Kupfers und Urans in Aether aufgelöset, d. Phosphors u. a. S. Ruhland üb. d. polarische Wirkung des gefärbten heterogenen Lichtes. Berl. 1817. Grotthufs bey G. LXI. 50.

Vergl. memoires physico-chimiques sur l'influence de la lumiére solaire pour modifier les êtres des trois regnes de la nature cet. par Senebier. Geneve 1783. 8. Rumford in Scherer allg. J. d. Chemie II. 7. Ueber die Wirkung des Lichtes auf das Hornsilber von Dr. N. W. Fischer, 1814. 8. Boeckmann über den Einfluſs des Lichtes auf den in Gasarten aufgelösten Phosphor, in Scherer J. V. 243. Vogel über die Wirkung des Sonnenlichtes auf den Phosphor, in Schweig. VII. 95 u. IX. 236. G. XLV. 63. XLVIII. 375. Gay-Lüssac u. Thenard üb. d. chemische Wirkung des Lichts ebend. V. 219. Vorzüglich Seebeck in Goethe zur Farbenlehre II. 716.

§. 96.

Das Licht wird von so vielen Körpern und durch so mannigfache Bedingungen entbunden, daſs man diese Fähigkeit für sehr allgemein und nur durch wenige Ausnahmen beschränkt ansehen darf. Indeſs lassen sich leicht die stets Licht gebenden, oder sogenannten selbstleuchtenden Körper von den dunkeln unterscheiden, welche nur unter gewissen Modificationen oder überhaupt kein Licht entwickeln.

Stets und absolut selbstleuchtende Körper sind bloſs die Fixsterne. Ob auch die Cometen hierunter gehören, oder ob ihre selbstleuchtende Kraft durch den Inpuls der Sonnenstrahlen aufgeregt wird, ist noch unerwiesen, letzteres aber in sofern nicht wahrscheinlich, als es stets leuchtende cometarische Nebelflecke giebt. Schubert pop. Astr. III. 135. Ausscheidung des Lichtes, wodurch die Körper zu Selbstleuchtern werden, bewirkt das Verbrennen (S. §. 87.), worunter nach Heinrich (Phosphorescenz d. Körp. 3te Abh.) das Leuchten der See und überhaupt der Körper des Thier- und Pflanzenreiches gehört, bey denen im Uebergange zur Verwesung eine geringe Menge Phosphor gesäuert wird. Anderer Meinung sind Macartney, Tilesius u. a. S. G. LXI. 1 u. 113. In einem höheren Grade findet dieses statt beym Schweiſse und Urine. Ferner bewirkt eine Lichtentbindung für kurze Zeitdauer die schnelle chemische Verbindung der unterschiedensten Körper, z. B. explodirender Substanzen, mehrerer Metalle, sowohl in Chlorine als mit einander mit Schwefel u. s. w. S. Gehlen bey Schweig. XX. 353.

v. Crell chem. Ann. 1793. II. 383. und solcher Körper, welche bey ihrer Mischung glühend werden S. §. 87. In geringerer Quantität wird das Licht durch schnelle Compression ausgeschieden, z. B. aus Wasser, Dessaignes in J. d. ph. LXXIII. 41. Luft, und wahrscheinlich durch hinlänglich starken und schnellen Druck aus allen Körpern, durch geringeres Reiben oder Schlagen mit einem hölzernen oder stählernen Hammer aus vielen Substanzen, hauptsächlich den sogenannten Phosphoren, Zucker und mehreren Edelsteinen. Vergl. Gren J. VII. 45. Dahin gehört das Windbüchsenlicht G. VIII. 338 XI. 344. Voigt Mag. 1802. 4. 6. Gehlen VIII. 70. Vorzüglich werden unterschiedene Körper dadurch leuchtend, dafs sie das am Tageslichte, oder durch Electricität eingesogene Licht im Dunkeln wieder ausstrahlen, u. z. schneller, wenn sie erwärmt werden. Am stärksten findet sich dieses Vermögen beym Baryt (Bononischer Leuchtstein S. Marggraf chem. Schriften II. 133), Kalk und Strontian, wenn sie mit Schwefel verbunden sind (Kanton's Phosphor S. phil. trans. LIII.) und überhaupt der Kalk in seinen verschiedenen Verbindungen mit Säuren (Hombergs u. Balduins Phosphor S. Balduini magnes luminaris Fr. 1672. der Chlorophan oder Pyrosmaragd nach Grothufs S. Schweig. J. XIV u. XV. Scherer nord. Beytr. I. 13. welcher noch dazu eine quantitativ mefsbare Ausströmung des Lichtes wahrgenommen haben will; Vergl. Helvig's ähnliche Beobachtungen bey G. LI. 112. u. John ebend. LV. 453.) Rein dargestellt leuchten alle drey Erdarten nach den bisherigen Versuchen gar nicht, wie auch tropfbar flüfsige Körper, regulin. Metalle, Schwefel, alle Arten Kohle und frische Pflanzentheile sich nicht als Phosphoren zeigen, nach Heinrich. Wärme befördert, aber verkürzt das Leuchten. (Kreide an einem dunkelglühenden Tiegel gerieben leuchtet lebhaft.) Durch den el. Funken leuchtet vorzüglich Canton's Phosphor in einer weifsen oder blauen Röhre. Endlich ist die Electricität, sobald sie in einiger Stärke hervorgebracht wird, eine sowohl an sich leuchtende, als auch Licht-Erscheinungen in vielen andern Körpern hervorrufende Potenz. S. El.

Vergl. Heinrich Phosphorescenz d. Körper. Nürnb. 1811 u. 12. 4. G. G. Schmidt in Gren, a. J. I. 297. Beccaria in com. bonon. II. 2. Dessaignes J. d. ph. LXXIV. 101 ff. Gehlen VIII. 70. Spallanzani G. I. 30. Carradori G. I. 205. Humboldt G. I. 378. III. 83. Davy G. VI. 109. Hulme u. Mitchill G. XII. 129. 161. 224. 292.

§. 97.

Das eigentliche Wesen des Lichtes kann den Erscheinungen gemäſs nicht in einer bloſsen Kraft oder Modification der Körper, noch auch in einer Bewegung bestehen, sondern die consequente Erklärung der Phänomene erfordert einen eigenthümlichen Lichtstoff, welcher nach Euler für einen allgemein verbreiteten, durch den Inpuls selbstleuchtender Körper wirksamen Aether gehalten wird, nach Newton aber den leuchtenden Körpern eigenthümlich angehörend und in steter Bewegung von denselben aus begriffen ist.

Daſs die Lichterscheinungen nicht die Wirkung einer bloſsen mechanischen Bewegung der Körper seyn können, wie der Schall, folgt unwidersprechlich aus dem Durchgange desselben durch unermeſsliche, nach unserer Kenntniſs leere Räume. Das Licht eine Kraft zu nennen streitet gegen den für dieses Wort allgemein festgesetzten Begriff §. 15. und hemmt die weitere Untersuchung, weil eben die eigentliche Ursache der Erscheinungen erst aus diesen selbst aufgefunden werden soll.

Die durchaus unbegründeten Argumente gegen die Annahme eines eigenthümlichen materiellen Lichtstoffes werden meistens aus der Feinheit und Geschwindigkeit der Bewegung desselben hergenommen, da doch diese beyden Begriffe bloſs relativ sind. S. Biot III. 148. So sehr indeſs alle Lichtphänomene die Annahme eines materiellen Lichtstoffes fordern, so schwierig bleibt es immer, nach Eulers Theorie den rationalen Grund der Durchsichtigkeit oder Undurchsichtigkeit, und vorzüglich der Brechung nebst der Polarisation und der Phänomene der Leuchtsteine aufzufinden, oder nach Newton die Ursache nachzuweisen, weswegen die höchst bewegliche Lichtmaterie nicht mit einemmale die selbstleuchtenden Körper verläſst. Allein da diese Frage bloſs bey den Himmelskörpern in Betrachtung kommt, deren eigentliche Beschaffenheit uns gänzlich unbekannt ist; so läſst sich hieraus kein gegründeter Einwurf gegen eine Theorie hernehmen, welche übrigens alle Phänomene mit unglaublicher Genauigkeit und einer seltenen Präcision erklärt.

Nichtige Gegengründe gegen die Annahme eines ma-

teriellen Lichtstoffes aus der Abnahme der Sonne, dem Widerstande desselben gegen die bewegten Himmelskörper, die gegenseitige Störung ihrer Bewegung sind leicht zu widerlegen. Vergl. Priestley Geschichte der Optik, übers. von Klügel. p. 279. Der nicht ungegründete Einwurf, welcher nach dem Emanationssysteme aus der Anhäufung des Lichtes auf den erleuchteten Körpern hergenommen wird, würde ohne Zweifel bey genauerer Kenntnifs vom eigentlichen Wesen des Lichtes wegfallen.

Vergl. Plac. Heinrich Preisschrift in d. neuen philos. Abh. der Baierschen Academie d. W. Bd. V. J. J. Engel Versuch über d. Licht. Berlin 1800. 8.

§. 98.

Der Lichtstoff zeichnet sich vorzüglich aus durch seine Feinheit, weswegen auch die Bewegung desselben seiner Geschwindigkeit ungeachtet, keinen mefsbaren mechanischen Effect hervorbringt. Eben daher durchdringt derselbe die dichtesten Körper, ohne dafs der eigentliche Grund der Durchsichtigkeit und des Durchscheinens bis jetzt aus der Natur der Körper genügend erklärt ist. Die hauptsächlichsten übrigen Erscheinungen des Lichtes werden zur leichteren Uebersicht unter der Optik, Katoptrik und Dioptrik zusammengefafst.

Die Feinheit der Lichttheilchen läfst sich nicht direct messen. Muschenbroeck J. II. 431. folgert aus dem Durchgange desselben durch kleine Oeffnungen, dafs die einzelnen Lichtstrahlen nicht gröfser als 0,0002 Billionth. eines Haares seyn können. Nach den Gesetzen des Trägheitsmomentes folgert Parrot II. 103. aus dem unmefsbaren Inpulse der Lichttheilchen, dafs ihre Gröfse $1/90$ Bil. der Luftatome nicht erreichen. Mehrere haben einen Inpuls der Lichttheilchen untersucht, aber nicht gefunden, z. B. Hartsoeker princ. de phys. 1696. S. 26. Homberg, mem. de l'acad. des sc. 1708. Mairan traité de l'aurore bor. 2me ed. Par. 1744. p. 369. Flauguergues J. d. ph. LXXXV. 193.

Vollkommen durchsichtig ist kein Körper; am durchsichtigsten sind die Expansibilien, doch würde nach den

nicht völlig sicher begründeten Angaben von Bouguer u. Lambert, die Luft bey gleicher Dichtigkeit, als sie im Niveau des Meeres hat, bey 0,5 Mil. Toisen anfangen undurchsichtig zu seyn. Hieraus und aus der geringeren Menge vorhandener Dünste erklärt man die gröſsere Klarheit der Sterne auf hohen Bergen. Einen geringeren Grad der Durchlassung des Lichtes nennt man Durchscheinen, welches selbst bey dünnen Goldblättchen auf Glase statt findet. Merkwürdig ist die Durchsichtigkeit der Lichtflamme. Daſs auch die Augenlieder durchscheinend sind, erklärt vielleicht manche Erscheinungen, z. B. der Nachtwandler u. a. Theilt man ein durchsichtiges Mittel in mehrere kleine Schichten ab, so giebt die Zahl derselben den Exponenten des Lichtverlustes. Wenn demnach eine Schicht einen Lichtverlust = v in Theilen des Ganzen ausgedrückt, bewirkt, so ist die Intensität des Lichtes nach dem Durchgange durch n Schichten $I' = I(1 - v)^n$. Sind die Schichten wirklich begrenzt; so bringen diese Flächen einen neuen, ihrer Glätte umgekehrt proportionalen Lichtverlust hervor. Sind sie aber sehr gut polirt, und in genauester Berührung, so können sie als eine einzige durchsichtige Masse betrachtet werden.

Dicke Glasstücke, und einzelne Glasscheiben. Glasscheiben mit matten Oberflächen werden durch Terpentinspiritus durchsichtig. Saussure's Kyanometer u. Diaphanometer. S. Gehler. Vergl. Gren VI. 93. n. J. IV. 101. Lampadius Photometer S. Accum üb. d. Gaslicht übers. von Lampad. 1816. p. 31. Es ist dem des F. Maria. S. nouv. decouv. sur la lumiere Par. 1700. sehr ähnlich. Durchsichtige Körper theilen durch nahe Verbindung auch undurchsichtigen die Eigenschaft mit, z. B. Oel u. Wachs dem Papiere. Hydrophan u. Pyrophan. S. Gehler.

1) Optik, oder geradlinige Verbreitung des Lichtes.

§. 99.

Das Licht verbreitet sich von den leuchtenden Körpern in geraden Strahlen, welche eine Sphäre von unbestimmbarem, der Intensität des Lichtes und der Gröſse des leuchtenden Körpers proportionalen Durchmesser bilden, mit einer

Geschwindigkeit von mehr als 40000 Meilen in einer Secunde. Es mufs demnach die Intensität des Lichtes im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernungen stehen, welches mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmt. Der Eindruck des Lichtes auf das Auge dauert nach den Versuchen nicht unter 6 und nicht über 30 Terzien, weswegen wir nicht wissen können, ob die Lichtstrahlen wirklich oder nur scheinbar ein Continuum bilden.

Auf die geradlinige Bewegung des Lichtes stützt sich das Visiren, und wir erhalten durch Uebung eine Fertigkeit, die Gegenstände dahin zu setzen, wohin der Lichtstrahl vom Auge aus verlängert, gerichtet ist. Bis in welche Ferne das Licht fortgepflanzt werde, ist noch nicht aufgefunden, und schwer durch Theorie sowohl, als auch durch Erfahrung zu bestimmen. Manche Fixsterne pflanzen das Licht in wahrhaft unermefsliche Weiten fort.

Man suchte früher die Geschwindigkeit des Lichtes in irdischen Räumen zu messen, S. Gehler, kann aber hierfür die Zeit seiner Bevegung unendlich klein, d. i. = 0 setzen, wie auch in der Anwendung geschieht. Vergl. Gregory 168. Olof Römer zeigte, wie die Geschwindigkeit des Lichtes durch die Zeit gemessen wird, in welcher wir die Verfinsterung der Jupiterstrabanten wahrnehmen, wie sich nach fig. 25 leicht erläutern läfst, wo S die Sonne, t die Erde, i den Jupiter bezeichnet. nach den genaueren Bestimmungen der neueren Zeit bewegt sich das Licht durch den Halbmesser der Erdbahn in 8′ 13″,2. Bohnenb. Astr. 160. Aus der Aberration, durch welche Bradley die Beobachtung des Römer bestätigte, folgt eine Zeit von 8′ 17″,5. Bode astr. Jahrb. 1820. Vergl. Bailly hist. d'astronomie moderne II. 674. Rechnen wir den Halbmesser der Erdbahn = 20,5 Mill. Meilen zu 22840 p. F. so durchläuft das Licht in einer Secunde 41206 Meil. oder ungefähr 941 Mill. Fufs.

Das Licht, als materielles Wesen, mufs bey gleichmäfsiger Verbreitung vom leuchtenden Körper aus an Intensität abnehmen, wie die Flächen der Schnitte durch die einzelnen Pyramiden, deren Spitzen in den leuchtenden Körpern vereinigt gedacht werden, zunehmen, d. i. den Quadraten der Entfernung proportional. Bli-

den diese Flächen einen schiefen Winkel α mit der Axe dieser Pyramide; so ist die Intensität des Lichtes derselben $i' = i \sin. \alpha$. Man kann die photometrischen Versuche über die Intensität verschiedener Lichtquellen durch unmittelbare Vergleichung zweyer neben einander gehaltener Erhellungen anstellen, indem man die von denselben ausgehenden Lichtstrahlen neben einander in ein dunkles Zimmer gegen eine weiſse Wand fallen läſst, und ihre Intensitäten durch Veränderung der Entfernungen gleich zu machen sucht. Nach Bouguer u. Lambert.

Ueber die Dauer des Lichteindrucks auf das Auge haben wir noch keine genugsam entscheidende Versuche. d'Arcy mem. de l'acad. de Par. 1765. 450 und Segner de rarit. lum. Gött. 1740. stellten Versuche mit im Kreise geschwungenen Kohlen an, und setzen dieselbe hiernach, ersterer auf 8, letzterer auf höchstens 30 Terzien. Cavallo Naturl. übers. von Tromsd. III. 132. nimmt 6 Terzien an. Selbst nach dieser Angabe könnten die einzelnen Lichtpulsus eines Strahles noch 4120 Meil. von einander abstehen, ohne dem Auge eine Unterbrechung zu zeigen. Ob diese Dauer durch Farbe und Stärke des Lichtes bedingt wird, ist noch nicht ausgemacht.

§. 100.

Wenn das Licht bey seinem Fortgange auf undurchsichtige Körper fällt, so entsteht hinter diesen Abwesenheit des Lichtes, oder Schatten. Letzterer ist nicht an sich, sondern nur durch die Grenzen des ihn bildenden Lichtes wahrnehmbar, und hinsichtlich der Anzahl derselben, den Mengen der Lichtquellen, so wie rücksichtlich der Intensität, der Stärke des Lichtes proportional. Die Form desselben wird den Gesetzen der geradlinigen Verbreitung des Lichtes gemäſs durch die Gröſse und Gestalt des leuchtenden und des undurchsichtigen Körpers bestimmt, durch welche gleichfalls der allmälige Uebergang des Halbschattens in den Kernschatten bedingt ist.

Eigentlich sieht man nicht den Schatten selbst, sondern bloſs die Grenzen des Lichtes, dessen Intensität viel schärfer durch den Contrast zwischen Licht und Schatten, als durch den directen Eindruck desselben

§. 99. gemessen werden kann. Hierauf gründet sich die Photometrie durch den Schatten, und Rumfords Photometer. Gren II. 21.

Die geometrische Construction der Richtung und Gestalt des Schattens, desgleichen des Kern- und Halbshattens, ist leicht, und läſst sich zum Theil aus fig. 26 erklären. Belustigende Bewegung der Schatten in den ombres chinoises.

2) Katoptrik oder Zurückstrahlung des Lichtes.

§. 101.

Alle Körper haben die Eigenschaft, von dem auffallenden Lichte eine verschiedene Menge zurückzuwerfen. Sind die Oberflächen derselben rauh, so daſs das auffallende Licht nach allen Richtungen durch einander geworfen wird; so giebt dieses reflectirte Licht dem Auge ein Bild des Körpers, dessen Grenzen mit denen des Objectes identisch sind, und daher zur Messung des letzteren dienen. Sind dagegen die Oberflächen derselben glatt, so werden die auffallenden Bilder unmerklich verändert in das Auge nach dem Gesetze des Stoſses elastischer Körper zurückgesendet.

Die Körper sind bloſs durch die Reflection des auffallenden Lichtes sichtbar, und wir können hierbey zur Bequemlichkeit der Construction eine Lichtpyramide annehmen, deren Basis auf dem Körper ruhet, die Spitze aber im Auge ist.

Ein Körper ist so viel dunkeler (schwärzer), je weniger Licht er reflectirt, absolut dunkel oder schwarz ist kein Körper, indem auch der schwärzeste etwas weiſses Licht reflectirt, zum Beweise, daſs es keine eigentliche schwarze Farbe giebt. S. Ludike bey G. XX. 299. Auch spiegelnde Körper scheinen schwarz oder dunkel, weil sie kein Bild oder nur ein schwaches von sich selbst reflectiren. Die Ebenen im Monde sind dunkel u. s. w.

Die Fähigkeit der Körper, als Spiegel die Bilder der Objecte zu reflectiren, ist der Glätte ihrer Oberfläche

proportional. Es spiegeln daher alle ruhig stehende Flüssigkeiten, und die Menge der reflectirten Lichtstrahlen ist bey diesen, so wie bey Glas, polirtem Marmor u. a. Körpern, der Gröſse des Einfallswinkels proportional. S. Biot III. 776. Gäbe es einen vollkommenen Spiegel, so würde dieser unsichtbar seyn. Gemeine Glasspiegel verschlucken 0,4816 die besten nach Rumford noch 0,?494 des auffallenden Lichtes. S. Gren J. II. 47. Die täuschende Erscheinung, wonach Spiegel hellere Bilder zu geben scheinen, als unmittelbar gesehene Objecte, wird durch den Versuch einer wiederholten Reflection widerlegt, und ist in der scharfen Begrenzung der Bilder gegründet. Die gewöhnlichen Spiegel sind von Metall, welches entweder selbst polirt, oder als Amalgama an eine polirte Glasfläche angelegt wird. Die ersteren sind kostbar und leicht verletzlich, die letzteren geben doppelte Bilder. Ein gutes Spiegelmetall geben 64 Th. Kupfer u. 29 Th. Zinn oder 32 Th. Kupfer 15 Th. Zinn 1 Th. Messing 1 Th. Arsenik. G. XII. 167. Hildebrandt Encycl. H. 13. §. 811.

Der gewöhnlichen Ansicht Newton's, wonach eine zurückstoſsende Kraft der spiegelnden Körper die auffallenden Lichtstrahlen schon vor der Berührung umbeugen und reflectiren soll, fig. 27. S. Opt. III. 3 prop. VIII. IX. Vergl. Lambert Phot. II. Biot III. 191. kann ich nicht beypflichten, weil 1) alle Körper, vorzüglich die durchsichtigen, welche zugleich spiegeln, eine anziehende Wirkung gegen das Licht äuſsern, womit der Begriff einer zugleich zurückstoſsenden doch unmöglich bestehen kann. S. Biot III. 257. 2) Der einzige Beweis der Hypothese, daſs die hinteren Flächen durchsichtiger Körper hellere Bilder als die vorderen geben sollen, zeigt sich bey dickeren Glasstücken falsch, indem eine solche, von dem Körper ausgehende repulsive Kraft nur in den Massen der Körper und nicht in ihren Oberflächen enthalten seyn könnte, und also der Dicke derselben proportional wachsen müſste. Zum Beweise dient eine Stecknadel, oder ein Stift, welche man lothrecht an den Rand einer wagrecht gegen vieles Licht gerichteten, etwas dicken Glasplatte hält, um die Intensität beyder gespiegelten Bilder besser zu vergleichen. 3) Die Zurückwerfung des Lichtes wird zwar hauptsächlich von der Oberfläche, zugleich aber auch von der ganzen Masse des Körpers bewirkt, weil gefärbte spiegelnde Materien den reflectirten Bildern so viel mehr von ihrer eigenen Farbe mittheilen, je tiefer die Lichtstrahlen nach der Klein-

heit des Einfallswinkels in dieselben eindringen, oder je öfter sie von gleichen farbigen Mitteln reflectirt werden S. Biot IV. 119. Prevost ann. de chim. 1817. fevr. 192. Auch dichte Nebel und Dünste geben Bilder durch Reflection.

Die Ursache, warum gerade die Grenzflächen der Körper auf die Reflection des Lichtes, wie der Wärme, einen Einfluſs haben, ist noch nicht genügend erklärt; die Reflection des Lichtes überhaupt aber scheint mir daraus zu folgen, daſs wir die Elemente aller Körper, mithin auch, und zwar vorzugsweise die Elemente des Lichtes selbst, für die unglaublich schnelle Bewegung desselben als elastisch oder hart betrachten können. Indeſs verliert wahrscheinlich das Licht durch die Reflection von seiner schnellen Bewegung, mithin von seiner chemischen und wärmeerzeugenden Kraft; weswegen das Mondenlicht diese Eigenschaften nicht äuſsert. Den Einfluſs der Flächen auf die Erzeugung doppelter Bilder zeigt eine 2 Lin. dicke Glasplatte, welche auf d. einen Seite polirt, auf d. andern theils polirt, theils schwarz gefärbt, theils matt geschliffen ist.

Erzeugung vielfacher Bilder in einer Glasscheibe mit wenig divergirenden oder parallelen Flächen, wenn man die Spiegelung ihres Randes zwischen den beyden Flächen in einem groſsen Einfallswinkel betrachtet.

Das Farbenspiel der doppelten Bilder in gefärbten Gläsern ist noch nicht genügend untersucht, z. B. ein schwach grün tingirtes Glas giebt von der vorderen Fläche ein grünes, von der hinteren ein röthliches Bild. Die Erscheinung gehört unter die allgemeine Classe der Erzeugung complementärer Farben. S. §. 133.

Sind beyde spiegelnde Flächen eines durchsichtigen Körpers genau parallel, so behalten die beyden reflectirten Bilder bey gleicher Richtung ihren Abstand gegen einander genau bey. Man kann durch dieses Mittel den Parallelismus der Flächen prüfen. S. Fischer in Bode astron. Jahrb. 1815. S. 224. Vergl. §. 114.

§. 102.

Die Gesetze der Zurückstrahlung des Lichtes sind daher, hinsichtlich des durchlaufenen Weges, mit denen vom Stoſse elastischer Körper identisch S. §. 31. Weil aber das Licht nie als einzelne abgesonderte Masse erscheint, sondern stets

als die Summe einer unbestimmbaren Menge unmeſsbar kleiner Lichtstrahlen; so muſs die gesammte Fläche, worauf das Licht im Ganzen und jeder einzelne Lichtstrahl insbesondere fällt, bey der Construction berücksichtigt werden.

Zwey Gröſsen, welche beym Stoſse der Körper sich wechselseitig bedingen, Masse und Geschwindigkeit, kommen bey der Bewegung des Lichtes nicht auf gleiche Weise in Betrachtung, weil die erstere unendlich klein, und daher kein Gegenstand der Messung ist, die letztere aber eben deswegen nicht zur Erzeugung einer quantitas motus bedingt wird. Daher findet bloſs in Hinsicht auf die Richtung des Lichtstrahles hierbey das allgemeine Gesetz statt, daſs der Ausfallswinkel dem Einfallswinkel gleich ist, $v = w$. fig. 28, und in der Regel nimmt man als Maſs desselben die Neigung gegen das Einfallsloth $= ac$, welche hergebrachte Bezeichnungsart ich ohne Ausnahme befolge, obgleich von mehrern Schriftstellern zuweilen oder stets die Neigung des Strahles gegen die spiegelnde Fläche $= z$ der Einfallswinkel genannt wird. Eine regelmäſsige Fläche giebt demnach ein dem Objecte gleiches oder regelmäſsig verändertes Bild, eine unregelmäſsige Fläche dagegen giebt ein regellos verzerrtes Bild.

§. 103.

Für ebene Spiegel gilt das allgemeine Gesetz, daſs die Lichtstrahlen nach der Brechung ihren Parallelismus unverändert beybehalten. Die Bilder der Gegenstände werden daher auf der spiegelnden Fläche gleichsam abgebrochen und dem Auge zugeworfen, welches dann nach optischen Regeln das Bild dahin setzt, wohin die Lichtstrahlen hinter den Spiegel verlängert treffen würden §. 99.

Die fig. 29 erläutert die Erscheinungen bey ebenen Spiegeln. Hinderte die Lage des Auges im Kopfe nicht; so könnte man im kleinsten Spiegel das gröſste Gesichtsfeld, wie durch ein kleines Loch übersehen. Versuche mit Spiegeln. Der Operngucker.

§. 104.

Das gespiegelte Bild kann wieder von einem oder mehreren Spiegeln aufgefangen werden, ehe es in das Auge gelangt. Es entsteht dadurch immer eine Verminderung der Intensität des Lichtes, der Ort aber, wohin das Auge das Object setzt, wird stets nach der angegebenen Regel bestimmt. Sind die Spiegel gegen einander geneigt; so werden sie, wenn der Neigungswinkel gröfser als 180° ist, zwey Objecte in eins vereinigen; wenn er aber kleiner als 180° ist; so wird ein Object vervielfältigte Bilder geben. Ueberhaupt ist für einen Neigungswinkel $= \varphi$ die Zahl der Bilder $= \frac{360°}{\varphi} - 1$. Langsd. Phot. I. 40.

Man kann durch Spiegelung die Bilder der Objecte nach allen Seiten hin versetzen, wenn die Stärke des Lichtes dieses verstattet. Zauberperspectiv; Polemoscop. Anwendungen zweyer oder mehrerer gegen einander geneigter Spiegel geben die Winkelspiegel, Nürnberger Strahlenkästchen, Spiegelkasten und Spiegelzimmer, vorzüglich aber das Kaleidoscop, eine Verbesserung des Spiegelkastens durch Brewster. G. LIX. 341. Vergl. Kästner de multipl. imag. ope duorum specul. in dissertatt. math. et phys. II. 8. Muschenbroek Int. II. 1992 ff.

§. 105.

Von krummen Spiegeln wird jeder einzelne Lichtstrahl nur durch ein kleinstes Element der Fläche reflectirt, welches daher als eben angesehen werden kann. Eine Tangente an diesen Punkt gelegt führt die Reflection durch krumme Flächen auf das angegebene allgemeine Gesetz zurück.

Die grofse Mannigfaltigkeit der gekrümmten Flächen, die Weitläuftigkeit der Rechnung, wenn man für viele Punkte die Tangenten und die denselben zugehörigen Einfalls- und Ausfalls-Winkel, rücksichtlich eines gespiegelten Objectes bestimmen wollte, endlich die Nutzlosigkeit solcher Bemühungen für die meisten Fälle, sind

Ursachen genug, daſs man unter den vielen möglichen krummen Flächen im Allgemeinen nur diejenigen bishero untersucht hat, deren Durchschnitte einen Kegelschnitt bilden. Selbst unter diesen hat man bloſs die sphärischen und parabolischen Spiegel, rücksichtlich der durch sie erzeugten Bilder, einer genaueren Berechnung unterworfen, indem selbst auch dieses ein weitläuftiger und schwieriger Theil der optischen Wissenschaften ist.

§. 106.

Die gemeinsten Spiegel mit krummen Flächen sind die sphärischen, welche entstehen, wenn man den durch einen Kugelschnitt erhaltenen Theil einer hohlen Kugel polirt. Meistens geschieht dieses nur bey der einen Fläche desselben, und man erhält dann einen concaven oder convexen Spiegel. Zur Berechnung beyder ist erforderlich, daſs die Chorde und der Radius der hohlen Kugel, wovon dieselben ein Segment bilden, bekannt sind, und werden diese Gröſsen bey dem letzteren negativ genommen.

Man nennt die ersteren auch Brennspiegel, Sammlungs-Spiegel; die letzteren Zerstreuungsspiegel. Zur Erläuterung der durch sie bewirkten Reflection der Lichtstrahlen dient fig. 30.

§. 107.

Ein Hohlspiegel vereinigt durch Reflection die nahe bey der Axe parallel mit derselben einfallenden Lichtstrahlen in einen Punkt, welcher der Brennpunkt genannt wird, und um den halben Radius des Spiegels vor demselben liegt. Diejenigen parallelen Strahlen, welche weiter von der Axe entfernt einfallen, schneiden die Axe näher bey der Spiegelfläche, und man erhält daher kein durchaus einfaches, sondern mehrere dicht hinter einander liegende Bilder der gespiegelten Gegenstände. Die hieraus entstehende Undeutlichkeit nennt man die Abweichung we-

gen der Kugelgestalt, welche dem Verhältnisse der Chorde des Spiegels zu seinem Durchmesser umgekehrt proportional ist. Die von den verschiedenen Theilen eines sehr weit entfernten Objectes ausgehenden, nahe bey der Axe einfallenden, durch den Spiegel reflectirten Lichtstrahlen müssen daher in der durch den Brennpunkt desselben gehenden, und mit seinen Chorden parallelen Ebene zu einem verkehrten Bilde vereinigt werden, woraus bey der Sonne der fälschlich sogenannte Brennpunkt, richtiger der Brennraum entsteht, dessen Brennkraft dem Quadrate seines Durchmessers in das Quadrat der Chorde des Spiegels directe und der Entfernung vom Spiegel umgekehrt proportional ist.

Erläuterung giebt fig. 31. Wäre ein Lichtstrahl zwischen n e und der Axe c einfallend, so würden beyde in g′ vereinigt werden, und dieses wäre der scharfe Brennpunkt, dessen Entfernung vom Spiegel aus der Gleichheit der Winkel bey e folgt. Die Abweichung wegen der Kugelgestalt ist gleich der Entfernung des Durchschnittes der Axe durch die beyden Strahlen n e u. m d, und die dadurch entstehende Undeutlichkeit läfst sich durch die Ausbreitung des Punktes g′ in den Raum g′g erläutern.

Wird in fig. 32 der äufserste Punkt f als beweglich angesehen, die Einfallspunkte d d′ und Einfallslothe c d, c d′ aber als bleibend; so mufs nach der vorausgesetzten Gleichheit der Einfalls- und Ausfalls-Winkel S. §. 102 der Punkt f sich nach der entgegengesetzten Seite bewegen. Indem dieses auf alle Punkte eines Objectes Anwendung leidet; so ergiebt sich hieraus die Entstehung der verkehrten Bilder nothwendig.

Der Halbmesser des verkleinerten Sonnenbildes, oder des vorzugsweise sogenannten Brennraumes $= \rho$ ist dem Producte der Brennweite $= f$ in die Tangente des scheinbaren Halbmessers der Sonne gleich. Ist daher letzterer $= 16' 8''$; so ist $\rho = f$ tang. $16' 8'' = f\,0{,}004693$, und da sich die Intensitäten des Lichtes umgekehrt wie die auffangenden Flächen verhalten, so ist, die Intensität des Sonnenlichtes $= i$ des Brennraumes $= I$, die halbe Chorde des Spiegels $= s$ gesetzt, $I = \frac{i s^2}{\rho^2} - k$,

worin k einen veränderlichen Coefficienten für den Verlust des Lichtes durch das Eindringen in die Masse des Spiegels und die Absorption der Luft bezeichnet. Vergl. §. 116. Man sieht aus dieser Formel, dafs die Brennkraft der Spiegel den Quadraten der Brennweiten umgekehrt proportional ist, jedoch aus andern Gründen, als den hier nicht statt findenden, welche §. 99 aufgestellt sind. Indefs schadet hierbey die Abweichung wegen der Kugelgestalt zu sehr, als dafs es vortheilhaft wäre, grofse Spiegel stark zu krümmen. Vergl. Fischer in Bode astr. Jahrb. 1808. S. 136.

Man sieht leicht, dafs grofse Brennspiegel mit langen Brennweiten unter die schwierigsten Probleme gehören. S. Klügel zu Priestley's Gesch. d. Opt. 104. Ueber die grofsen Tschirnhausenschen, Höseschen u. Villetschen Brennspiegel S. ib. 171. Ueber d. Archimedes Brennspiegel S. Oetinger de spec. Archim. Tüb. 1725. 4. Silberschlag Versuche in d. Naturlehre u. Math. p. 149. Büffon's Bemühungen, sie durch eine Menge kleiner ebener Spiegel herzustellen S. Gehler.

§. 108.

Die krummen Spiegel geben Bilder, sowohl von selbstleuchtenden, als auch von erleuchteten Gegenständen. Aus den angegebenen Gesetzen der Reflection folgt, dafs die Hohlspiegel nahe Gegenstände vergröfsert, gerade und hinter dem Spiegel; ferne Gegenstände aber verkleinert, verkehrt und vor dem Spiegel liegend darstellen. Wenn das Object sich in dem Brennpunkte des Spiegels befindet, so werden die reflectirten Strahlen parallel, und das gerade Bild geht in das verkehrte über, oder umgekehrt, in welchen beyden Fällen kein Bild möglich ist. Die durch einen Hohlspiegel erzeugten Bilder lassen sich durch einen oder mehrere andere auffangen und willkührlich versetzen

Wenn nach fig. 32 cd, cd' die Normalen aus dem Mittelpunkte sind, f, f' aber willkührlich den Ort des Objectes und des gespiegelten Bildes bezeichnen, und man einen dieser Punkte auf der Axe des Spiegels verschiebbar annimmt; die Gleichheit der Einfalls- und Aus-

fallswinkel vorausgesetzt; so lassen sich die Erscheinungen der Bilder im Hohlspiegel hiernach anschaulich machen. Noch deutlicher zeigt fig. 33, wie ein entfernter Gegenstand verkleinert vor dem Hohlspiegel stehend von dem Auge wahrgenommen wird, wenn dasselbe nicht durch anderweitiges stärkeres Licht gegen diesen Eindruck unempfindlich ist. Eben so zeigt fig. 34, warum ein nahe liegendes Bild mit Rücksicht auf die Entfernung des Auges gerade und vergröſsert erscheinen muſs. S. Systematische Darstellung der Erscheinungen, welche der sphärische Hohlspiegel gewährt, von A. W. Zachariae. 1812. 8. Dessen Nachträge hierzu bey G. XLVI. 315. Kaestner de objecti in speculo sphaer. visi magnit. apparente in Comment. nov. Gott. 1777.

§. 109.

Convexe Spiegel, bey deren Construction ein negativer Brennpunkt angenommen wird, sind zwar in ihren Wirkungen den concaven entgegengesetzt, allein da sie die Bilder nicht umzukehren vermögen, können sie dieselben auch nicht vergröſsern. Sie geben daher bloſs verkleinerte, hinter der Spiegelfläche liegende Bilder.

Daſs das Umkehren des Bildes durch convexe Spiegel nicht statt finde, läſst sich durch fig. 30 erläutern. Warum das Bild, vermöge der negativen Lage des Brennpunktes, verkleinert hinter dem Spiegel liegen müsse, zeigt fig. 36. Kugelspiegel u. andere. S. die Werke über d. Optik.

§. 110.

Sind die Spiegel nicht regelmäſsig gekrümmt; so können die Bilder nicht regelmäſsig verkleinert oder vergröſsert werden, sondern müssen verzerrt erscheinen. Unter diese Classe gehören auch diejenigen spiegelnden Flächen, welche nach dem einen Durchschnitte gerade, nach dem andern aber regelmäſsig gekrümmt sind, deren Einfluſs auf die Veränderung der Bilder leicht nachgewiesen werden kann. Es folgt von selbst,

dafs sie die, im entgegengesetzten Verhältnisse der durch sie hervorgebrachten Veränderung, verzerrten Bilder wieder herstellen müssen.

Hierhin gehören die länglichkrummen, die cylindrischen und konischen Spiegel. Katoptrische Anamorphosen. S. Leupold anamorphosis mechanica nova. Lips. 1714. 4. Die partiellen Krümmungen ebener Spiegel entdeckt man durch das Wanken der Bilder, wenn man das Auge in einer mit der Spiegelfläche parallelen Ebene bewegt.

3) Dioptrik oder Brechung des Lichtes.

§. 111.

Wenn das Licht aus dem leeren Raume auf durchsichtige Mittel fällt, oder von einem Medio in das andere übergeht; so unterliegt es dem allgemeinen Gesetze der Anziehung, wird in seiner Bewegung beschleunigt und von der geraden Linie beym Eintritte in den transparenten Körper abgezogen. Die Brechung findet an der Grenze der Körper statt, und bewirkt bey den verschiedenen Medien, dafs der Lichtstrahl dem Einfallslothe zu- oder abgebrochen wird.

Die Hypothese, wonach die Brechungsgesetze des Lichtes auf die Anziehung zurückgeführt werden, ist von Newton, und erhält durch die genaueste Prüfung der Erscheinungen und Anwendung auf dieselben den höchsten Grad der Wahrscheinlichkeit. Schon vor der wirklichen Berührung des brechenden Mittels, jedoch in unmefsbarer Ferne wirkt die Anziehung, und es läfst sich nach fig. 37 zeigen, dafs blofs der schief einfallende Lichtstrahl gebrochen werden kann.

Es folgt nicht, dafs die angenommene Beschleunigung der Bewegung beym Fortgange im brechenden Mittel, wenn dieses von allen Seiten anziehend auf den Lichtstrahl wirkt, noch statt finden müsse, dagegen aber folgt, dafs diese Bewegung als geradlinig anzunehmen ist, womit die Erfahrung übereinstimmt. Nach fig. 38 läfst sich zeigen, wie der Lichtstrahl, jenachdem er in ein mehr

oder minder anziehendes Mittel übergeht, dem Perpendikel zu- oder abgebrochen werden mufs, desgleichen läfst sich danach zeigen, wie die Brechung durch die Sinusse der Einfalls- und Ausfallswinkel gemessen werden kann.

§. 112.

Durch die Menge der genauesten Versuche hat Newton gefunden, dafs bey gleichförmiger Dichtigkeit des brechenden Mittels das Brechungsverhältnifs, oder das Verhältnifs der Sinusse der Winkel, welche der einfallende und der gebrochene Strahl mit dem Einfallslothe machen, eine constante Gröfse, und der Dichtigkeit der Mittel nahe proportional ist. Eben dieses haben Biot und Arago durch ihre Versuche mit verschiedenen Gasarten in einem solchen Grade bestätigt gefunden, dafs sich sogar das quantitative Mischungsverhältnifs durchsichtiger Medien in den meisten Fällen mit Genauigkeit hiernach bestimmen läfst.

Ist sin. i der Sinus des Einfallswinkels; sin. r der Sinus des gebrochenen Winkels; so ist sin. i : sin. r das Brechungsverhältnifs. Weil sich aber die Wirkungen beschleunigender Kräfte wie die Quadrate der erzeugten Geschwindigkeiten verhalten; so ist die Geschwindigkeit vor der Brechung = 1; nach der Brechung = c gesetzt; $c^2 - 1 = d^2 = \frac{\sin.\, i^2}{\sin.\, r^2} - 1 =$ der brechenden Kraft des Mittels, welche der Dichtigkeit verschiedener Körper in den meisten Fällen, und bey gleichartigen Massen von veränderlicher Dichtigkeit allezeit proportional gesetzt werden kann. Nennt man daher das spec. Gew. der Körper p′; so ist $\frac{d^2}{p'} =$ dem spec. Brechungsvermögen. Newton hat diesemnach folgende Gröfsen gefunden. Opt. I. p. 11. prop. X. vergl. Biot III. 296.

Brechende Körper	sin. i : sin. r	d^2	p′	$\frac{d^2}{p'}$
Schwerspath	23 : 14	1,699	4,27	3979
Luft	3201 : 3200	0,000625	0,0012	5208
Spiefsglanzglas	17 : 9	2,568	5,28	4864
Gyps	61 : 41	1,213	2,252	5386
Glas, gemeines	31 : 20	1,4025	2,58	5436
Bergcrystall	25 : 16	1,445	2,65	5450
Doppelspath	5 : 3	1,778	2,72	6536
Kochsalz	17 : 11	1,388	2,143	6477
Alaun	35 : 24	1,1267	1,714	6570
Borax	22 : 15	1,1511	1,714	6716
Salpeter	32 : 21	1,345	1,9	7079
Danziger Vitriol	303 : 200	1,295	1,715	7551
Vitriolöl	10 : 7	1,041	1,7	6124
Regenwasser	529 : 396	0,7845	1,00	7845
Arab. Gummi	31 : 21	1,179	1,375	8574
Alcohol	100 : 73	0,8765	0,866	10121
Kampfer	3 : 2	1,25	0,996	12551
Baumöl	22 : 15	1,1511	0,913	12607
Leinöl	40 : 27	1,1948	0,932	12819
Terpentinspiritus	25 : 17	1,1626	0,874	13222
Ambra	14 : 9	1,42	1,04	13654
Diamant	100 : 41	4,949	3,4	14556

Die letzte Columne ist zur Vermeidung der Decimalbrüche mit 10000 multiplicirt, und zeigt die grofse lichtbrechende Kraft verbrennlicher Körper, vorzüglich des Diamanten, dessen Verbrennlichkeit Newton eben hieraus hundert Jahre vor der Entdeckung derselben folgerte.

Brewster bey G. L. 21 aus Treatise on new phil. instrum. Edinb. 1813. macht eine Menge neue Versuche über die brechende Kraft verschiedener Substanzen bekannt, wonach der Diamant nicht die stärkste Lichtbrechung besitzt; sondern S. 60

Chroms. Bley — — — —	2,974
anderes Stück — — — —	2,926
Realgar — — — — — —	2,549
Chroms. Bley, schwächste Brechung	2,503
anderes Stück — — — —	2,479
Diamant — — — — — —	2,487
anderer — — — — — —	2,470
nach Newton — — — — —	2,439
Wasser — — — — — —	1,339

als lichtbrechende Kraft besitzen sollen. Allein Biot III.

295 bezweifelt die Zuläſsigkeit seines Verfahrens, und auſserdem finden sich in seinen Formeln Rechnungsfehler, z. B. S. 32 muſs heiſsen $\varphi = \frac{\pi f r}{\pi r - f}$ statt $= \frac{\pi f r}{f - \pi r}$ Vergl. Hallström bey G. XXIV. 394. Eine ausführliche Prüfung würde hier zu weitläuftig seyn.

Nach fig. 38 läſst sich zeigen, daſs die Brechung sich in Zurückstrahlung verwandelt, wenn der Brechungswinkel gröſser wird, als der sin. totus. Am merkwürdigsten hierbey ist, daſs durchsichtige Medien in diesem Falle alles Licht von ihrer hinteren Fläche reflectiren; daher die schon von Newton vorgeschlagene Anwendung derselben zu reflectirenden Prismen bey Fernröhren. Vergl. §. 142.

Die Brechung des Glases zeigt ein gläserner Würfel (Keplers anaklastisches Werkzeug), und daſs Objecte, welche man mit der unteren Fläche einer dicken Glasscheibe in Berührung bringt, der Oberfläche näher kommen. Von der lichtbrechenden Kraft des Wassers zeugt eine Stange, welche man in dasselbe taucht; drey Stifte, welche in der Richtung g c n fig. 38 auf einem Stabe befestigt, im Wasser unter dem angegebenen Winkel gesehen sich decken. Eine Münze, welche unter einer ebenen Wasserschicht liegend in der Entfernung sichtbar wird, wovon fig. 39 die Construction enthält. Interessante Untersuchungen über die Lichtbrechung durch verschiedene Körper, und die Art, sie mit Genauigkeit zu messen von Wollaston S. G. XXXI. 235 u. 398. Malus ebend. 225.

Sehr gehaltreiche Untersuchungen über die lichtbrechende Kraft verschiedener Gasarten von Biot u. Arago finden sich in Mem. de l'Inst. VII. 301 im Auszuge bey G. XXV. 345. XXVI. 38. die Resultate genau zusammengestellt bey Biot III. 297. Sie fanden

Brechende Körper	Dichtigkeit n. ihren Vers.	Brechungsvermögen bey 0° t u. 336,9 Lin. Bar. absolutes	specif.
Atmosp. Luft	1,00000	0,000589171	1,00000
Sauerst.gas	1,10359	0,000560204	0,86161
Stickgas	0,96913	0,000590436	1,03408
Wasserst.gas	0,07321	0,000285315	6,61436
Ammoniak	0,59669	0,000762349	2,16851
Kohlens. Gas	1,51961	0,000899573	1,00476
Kohlenst.halt. Wasserst.gas	0,57072	0,000703669	2,09270
Salzs. Gas	1,24740	0,000879066	1,19625

Sie haben zugleich gefunden, daſs die lichtbrechende Kraft einer Mischung der Summe der lichtbrechenden Kräfte ihrer Bestandtheile gleich ist; oder wenn x'; x''; x'''... die Massen einer Mischung (oder Mengung) P'; P''; P'''... ihre lichtbrechenden Kräfte; P aber die lichtbrechende Kraft des Ganzen bezeichnet; so ist

$$P' x' + P'' x'' + P''' x''' + \dots = P$$
$$x' + x'' + x''' + \dots = 1$$

und für den einfachsten Fall

$$P' x' + P'' (1 - x') = P. \text{ also}$$

$$x' = \frac{P - P''}{P' - P''} \text{ und } x'' = (1 - x') = \frac{P' - P}{P' - P''}$$

Als Beyspiel dient atmosphär. Luft. Sie enthält

Sauerstoffg.	0,210 × 1,10359 = 0,231754 = x'	
Stickgas	0,784 × 0,96913 = 0,759798 = x''	
Kohlens.	0,006 × 1,51901 = 0,009114 = x'''	
	1,000666	

welches nur unbedeutend abweicht. Es ist aber

$$P' x' = 0,199682$$
$$P'' x'' = 0,785693$$
$$P''' x''' = 0,009157$$
$$P = 0,994532$$

welches von 1 = der brechenden Kraft der Luft kaum verschieden ist. Am genauesten trifft die Rechnung beym Ammoniak. Es ist nämlich für dessen Bestandtheile Wasserstoff u. Stickstoff $P' = 6,61436$; $P'' = 1,03408$ und für d. Ganze $P = 2,16851$. Die Formel giebt $x' = 0,203$ und $x'' = 0,797$, statt daſs die Analyse 0,2 u. 0,8 giebt. Weniger genau beym Wasser, wenn dasselbe aus 2 vol. Wasserst. und 1 vol. Sauerst. besteht. Es ist nämlich

$$\tfrac{2}{3} \times 0,07321 = 0,048806$$
$$\tfrac{1}{3} \times 1,10359 = 0,367863$$
$$\text{spec. Gew.} = 0,416669$$

Es ist aber $x' = \frac{0,048806}{0,416669} = 0,117134$

$$x'' = \frac{0,367863}{0,416669} = 0,882860$$

$P' x' + P'' x'' = 0,77476 + 0,76069 = 1,53545$. Diese Gröſse mit dem absoluten Brechungsvermögen der Luft und dem Dichtigkeitsverhältnisse derselben multiplicirt $= 0,000589171 \times 769,44 \times 1,53545 = 0,6960$, welches von der durch Versuche $= 0,7845$ gefundenen wahrscheinlich wegen der groſsen Dichtigkeit des Wassers abweicht. Eine ähnliche Abweichung, wahrscheinlich aus gleicher

Ursache, findet beym Diamant Statt. S. Schmidt N. L. 337. Wasserdampf ändert die Strahlenbrechung d. Atmosphäre nicht. Biot a. a. O. 316.

§. 113.

Sind durchsichtige Mittel von verschiedener Dichtigkeit oder lichtbrechenden Kraft mit einander in unmittelbarer Berührung, so wird der durchgehende Lichtstrahl dem Perpendikel bald zu, bald abgebrochen werden. Am gemeinsten ist der Fall, dafs verschiedene Schichten von einer allmälig wachsenden Dichtigkeit über einander liegen, wodurch der durchgehende Lichtstrahl unter den erforderlichen Bedingungen eine regelmäfsig gekrümmte Richtung erhält. Eine Menge optischer Erscheinungen sind hieraus erklärbar, vorzüglich die astronomische und irdische Strahlenbrechung nebst der sogenannten Luftspiegelung.

Nicht häufig bietet die Natur die Erscheinung verzerrter Bilder dar, welche beym Durchgange des Lichtes durch nahe liegende, verschiedenartige und ungleich brechende Medien entstehen müssen. Sehr interessant dagegen sind Wollaston's Versuche mit verschiedenen Flüfsigkeiten, welche in Gefäfsen mit dünnen, ebenen und parallelen Seitenwänden vorsichtig über einander gegossen werden, und die von einem hinter ihnen liegenden Objecte ausgehenden Lichtstrahlen verschieden brechen, z. B. Schwefelsäurehydrat und Wasser vorsichtig über einander gegossen u. a. m. Dahin gehören die flitternden Bilder durch ungleich erwärmte Luft über einer Kohlpfanne, über einem von der Sonne erhitzten dunkeln Körper, über entfernten Dächern, in den offenen Fenstern stark geheitzter Zimmer, vor den Oeffnungen der Oefen u. s. w. S. Wollaston in phil. trans. 1800. p. 239—254. bey G. XI. 1 ff. Vergl. Parrot II. 146.

Ueber astronomische Strahlenbrechung, eine Folge des Einflusses der Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit auf den durchgehenden Lichtstrahl, welche theoretisch und durch Erfahrung zum Behufe der Beobachtungen hinlänglich begründet scheint. S. Laplace in mec. cel. IV. 231. Vergl. Bode Jahrb. 1814. 91. J. T. Mayer

de refr. astr. Altorf. 1781. Kramp analyse des refractions astron. et terrestres. Strasb. 1799. 4. u. a. astron. Werke. Weit schwieriger ist es, wegen der unbestimmbaren Temperatur der Luftschichten die irdische Strahlenbrechung genau zu bestimmen. Vergl. Brandes über ird. Strahlenbrechung. Oldenb. 1807. T. Mayer de refract. obj. terr. Gott. 1751.

Wenn bey hinlänglicher Windstille die auf der Erdoberfläche ruhende Luftschicht durch die Sonnenstrahlen sehr erwärmt wird, oder eine solche Luftschicht von wenigstens um einige Grade erhöhter Temperatur sich erhebt und in einiger Höhe schweben bleibt; oder wenn die das Wasser oder den feuchten Boden berührende Luftschicht mehr abgekühlt ist; so werden die von den Objecten aus in das Auge fallenden Lichtstrahlen eine convexe oder eine concave Krümmung erhalten fig. 40. Wird der Gegenstand hierdurch scheinbar in die Höhe gehoben; so sieht man ein umgekehrtes Bild eines Streifens vom Himmel unter ihm, wodurch er vom Wasser umgeben scheint. Man nennt dieses die Luftspiegelung (mirage), unter welche Classe eine grofse Menge von Erscheinungen gehören, welche theils früher, theils in der neuern Zeit von Büsch, Gruber, Woltmann, Brandes, Monge, Biot, Dangos, Vince, Latham, Heim u. a. beobachtet sind. S. Büsch tractatus duo optici argum. Hamb. 1783. 4. Tob. Gruber über die Strahlenbrechung und Abprallung von erwärmten Flächen. Dresd. 1787. 4. und vorzüglich G. a. vielen O. vorzügl. XXXIV. 132. Die mathem Theorie dieser Erscheinungen haben unter andern J. T. Mayer in com. rec. soc. Reg. Gött. I. und in gröfster Vollständigkeit Biot bey G. XVI. 237 u. 366. nach der Bearbeitung von Brandes gegeben. Vergl. Biot III. 317 ff.

§. 114.

Wenn ein durchsichtiges brechendes Mittel von parallelen Flächen begrenzt ist; so werden die anziehenden Kräfte desselben auf den durchgehenden Lichtstrahl auf beyden Seiten gleiche Wirkung hervorbringen, §. 111, und da beyde einander entgegengesetzt sind, so müssen sie sich wechselseitig aufheben, so dafs der Lichtstrahl seine Richtung scheinbar nicht ändert. Wenn

aber diese Flächen nicht parallel laufen; so wird derselbe eine Ablenkung von der geraden Richtung erleiden, welche der Neigung dieser Flächen und der Gröſse des Einfallswinkels proportional ist.

Den ersten Fall zu erläutern dient fig. 37. Man kann sich dieses Mittels bedienen, um den Parallelismus der Flächen optischer Gläser zu prüfen, wenn man sie in einem spitzen Winkel gegen den Horizont neigt, und eine Fenstersprosse zur Hälfte frey, zur Hälfte durch dieselben betrachtet. Es versteht sich, daſs das gebrochene Bild allezeit nach der convergirenden Seite der Flächen abweicht. Eine andere, auf der Spiegelung durch beyde Flächen beruhende Prüfungsmethode giebt Fischer S. astr. Jahrb. 1815. S. 224. Vergl. §. 101. Die Brechung durch nicht parallele Flächen zeigt fig. 41. worin g f d den gebrochenen Strahl bezeichnet.

Bey der Brechung des Lichts in prismatischen Körpern kommt in Betrachtung nach fig. 42.

1) der Winkel, welchen die Flächen mit einander machen $= \varepsilon$;
2) der Winkel, welchen der ausfallende Strahl mit dem verlängerten einfallenden macht $= x$;
3) das Brechungsverhältniſs des prismatischen Körpers $= n$, das der Luft $= 1$ gesetzt.

Es ist
$$x = lkv + klv = qkv - \beta + plv - \gamma.$$
$$= \alpha + \delta - (\beta + \gamma)$$
$$= \alpha + \delta - \varepsilon$$

Nach dem Brechungsverhältnisse ist sin. $\beta = n$ sin. α und

$$\sin. \delta = \frac{1}{n} \sin. \gamma = \frac{1}{n} \sin. (\varepsilon - \beta) = \frac{1}{n} \sin. \varepsilon \cos. \beta - \frac{1}{n}$$
$$\cos. \varepsilon \sin. \beta = \frac{1}{n} \sin. \varepsilon \sqrt{(1 - \sin. \beta^2)} - \frac{1}{n} \cos. \varepsilon \sin. \beta.$$

und für sin. β subst.

$$\sin. \delta = \frac{1}{n} \sin. \varepsilon \sqrt{(1 - n^2 \sin. \alpha^2)} - \cos. \varepsilon \sin. \alpha.$$
$$= \sin. \varepsilon \sqrt{(\frac{1}{n^2} - \sin. \alpha^2)} - \cos. \varepsilon \sin. \alpha.$$

wodurch also die vier Gröſsen in eine Gleichung gebracht sind, und leicht einzeln daraus entwickelt werden können.

Es ergiebt sich hieraus, daſs der Brechungswinkel mit dem Einfallswinkel $= \alpha$ wächst.

Den einfachsten Fall bezeichnet fig. 43 wenn kl mit AC parallel, $\alpha = \delta$; $\beta = \gamma = \frac{1}{2}\,\varepsilon$ ist. Dann ist klv = lkv = $\alpha - \beta = \alpha - \frac{1}{2}\,\varepsilon = \frac{1}{2}\,x$. Es ist aber sin. β = n sin. α. also $n = \frac{\sin.\ \beta}{\sin.\ \alpha} = \frac{\sin.\ \frac{1}{2}\,\varepsilon}{\sin.\ \alpha} = \frac{\sin.\ \frac{1}{2}\,\varepsilon}{\sin.\ (\frac{1}{2}\,x + \frac{1}{2}\,\varepsilon)}$

Man bedient sich dieses Mittels, um das Brechungsverhältnifs aufzufinden. Hierbey wird der Winkel ε als bekannt vorausgesetzt, zu dessen Messung man sich mit Vortheil des von mir angegebenen Goniometers bedienen könnte. S. Leonhard Taschenb. 13ter Jahrg. S. 438. Man läfst dann den Lichtstrahl Dp auf das Prisma mit horizontaler Axe auffallen, und fängt das gebrochene Bild desselben an einer Wand in o auf, drehet dasselbe allmälig so lange um seine Axe, bis der Punkt o zurückzugehen anfängt, und misset die Linien ov; pv und op, wodurch der Winkel x am genauesten gegeben ist. S. Langsd. Photom. I. 133 ff. Schmidt Natl. 332.

Anwendungen dieser Sätze geben das gemeine Rautenglas, fig. 44. die dioptrischen Anamorphosen vermittelst eines stumpfen Kegels ohne, oder besser mit Facetten fig. 45 S. Leutmann Anm. vom Glasschleifen. Wittenb. 1719. 8. und, mit Rücksicht auf die entstehende Zurückstrahlung §. 112. Wollastons sinnreich erfundene camera lucida, deren Construction fig. 46 erläutert. Vergl. G. XXXIV. 353. XLI. 101. Auch das Collectivprisma der Patentboussolen und mancher neuern dioptrischen Fernrohre gehört zum Theil hierher.

Hierbey ist vorausgesetzt, dafs der prismatische Körper das Licht stärker breche als die Luft. Findet dieses nicht statt, so ist das Brechungsverhältnifs umgekehrt.

§. 115.

Sind die begrenzenden Flächen durchsichtiger Mittel krumm; so werden sie die Richtung der gebrochenen Lichtstrahlen in jedem Punkte ändern. Ist die Krümmung unregelmäfsig, so mufs auch die Brechung regellos seyn, woraus nur verzerrte Bilder entstehen können. Regelmäfsige Krümmungen dagegen bringen eine regelmäfsige Veränderung der Brechung hervor, und geben daher Bilder, welche nach bestimmten Gesetzen verändert sind. Hauptsächlich leidet dieses eine Anwendung auf die sogenannten

Linsengläser, welche entweder von convexen oder von concaven Flächen begrenzt sind, und hiernach die Lichtstrahlen sammeln oder zerstreuen, weswegen sie Sammlungs- und Zerstreuungsgläser genannt werden.

Die oft vorkommenden, von unregelmäfsig gekrümmten Flächen begrenzten durchsichtigen Körper können kein Gegenstand der Untersuchung seyn. Klügels Versuch, wonach von zwey parallelen Stiften das Bild des unteren doppelt wird, wenn der obere das Wasser berührt S. Priestley Gesch. d. Opt. I. 392. Haelstroem bey G. III. 235. gehört gleichfalls hierher.

Am meisten kommen sphärisch gekrümmte Flächen, sehr selten sphäroidische in Betrachtung. Man bestimmt fig. 47 aus dem sin. des Einfallswinkels $\beta = \alpha + \gamma$ und dem bekannten Brechungsverhältnisse der Masse den sin. des gebrochenen Winkels $= \alpha$, wobey für kleine Winkel die Sinus den Bögen gleichgesetzt werden.

Es giebt sechs Arten Linsen, oder Linsengläser, drey convexe und drey concave. fig. 48. Alle sind als Segmente von Kugeln zu betrachten, deren Radien die Figur enthält. Im Allgemeinen wirken die ersteren als Sammlungsgläser, die letzteren als Zerstreuungsgläser, wonach also jene mit den concaven, diese mit den convexen Spiegeln harmonirende Wirkungen hervorbringen müssen.

§. 116.

Aus der genannten Eigenschaft der Linsengläser läfst sich die Vereinigung der Lichtstrahlen durch dieselben in den wahren oder eingebildeten Brennpunkt leicht abnehmen, genauer aber durch Rechnung finden. Letztere ergiebt dann zugleich, auf welche Weise Bilder durch dieselben entstehen, oder die durch sie gesehenen Gegenstände verändert werden.

Im Allgemeinen werden bey convexen Linsen die parallel mit der Axe auffallenden Strahlen in den sogenannten Brennpunkt vereinigt, woraus folgt, dafs divergirend auffallende weniger divergirend, und convergirende mehr convergirend werden müssen. Bey concaven Gläsern findet das Gegentheil statt.

Die regelmäſsige, durch Rechnung leicht und scharf zu bestimmende Brechung der Lichtstrahlen durch Linsen erleidet eine Abänderung 1) durch die Dicke der Linsen, 2) durch die gröſsere Convergenz beyder Flächen bey gröſserer Entfernung von der Axe. Letztere bewirkt eine gröſsere Brechung, weswegen der Strahl n n fig. 49 schon bey p die Axe schneidet. Der Raum r p heiſst die Abweichung wegen der Kugelgestalt. Vergl. §. 107.

Ist dagegen die Dicke der Linse als verschwindend zu betrachten, und der Winkel $m r r'$ fig. 50 klein; so daſs die Bögen den Sinussen nahe gleich sind; ist ferner das Brechungsverhältniſs von Luft in die brechende Substanz der Linse $= 1 : n$, und heiſsen die Radien R u. r, die Brennweite f; so ist für parallele Strahlen fig. 49 allgemein $f = \frac{R r n}{(R + r)(1 - n)}$ und für $n = \frac{2}{3}$; $f = \frac{2 R r}{R + r}$

Hieraus folgt

1) für biconv. Linsen: $R = r$; $f = r$.

2) — Meniscus. $R = - R$; $f = \frac{2 R r}{R - r}$

3) — planconv. L. $R = \infty$; $f = 2 r$.

Nennt man dagegen fig. 50 die Entfernung o m eines leuchtenden Punktes vom Glase: b, die Entfernung m i bis zur Vereinigung der Strahlen: d; so ist, alles Uebrige wie vorher, $d = \frac{b f}{b - f}$. Liegt der leuchtende Punkt o fig. 51 an irgend einem Orte vor dem Glase, so wird der hiervon ausgehende, nahe bey der Axe einfallende Lichtstrahl o f q den mittleren Strahl o p schneiden, und indem dieses von allen Punkten gilt; so muſs von jedem selbstleuchtenden oder erleuchteten Objecte ein Bild hinter der Linse entstehen. Die Durchschnittslinien des Objectes und des Bildes verhalten sich nahe wie die Entfernungen von der Mitte des Glases.

Es sey fig. 52 S O S ein unendlich entfernter Gegenstand; so ist $b = \infty$ und $d = f$, d. h. das Bild liegt im Brennpunkte. Anwendung hiervon auf Brennlinsen. Sie geben ein Bild der Sonne, welches immer einige Gröſse haben muſs, daher kein Brennpunkt, sondern nur ein Brennraum statt finden kann. Vergl. §. 107. Es ist aber $SAO = fAo$ und $of = Ao$ tang. $fAo = d$ tang. fAo. Die Entfernung der Sonne $= b = \infty$ gesetzt, ist $d = f$, und also $f = 10$ Zoll; $SAO =$ rad. Sol. $= 16' 8''$ gesetzt, ist $of = 10$ Zoll tang. $16' 8'' = 0{,}04693$, und da sich die

Intensitäten des Lichtes umgekehrt wie die Quadrate der Durchmesser verhalten; so ist $I = \frac{AM^2}{of^2}$. Wäre AM = 3 Zoll, of = 0,05 Zoll; so wäre I = 3600, wobey aber die Verschluckung des Lichtes durch das Glas und die Abweichung wegen der Kugelgestalt nicht berücksichtigt ist. Ohne beyde Einschränkungen würde die Brennkraft der Linsen der Entfernung des Brennpunktes von der Mitte der Linse nahe umgekehrt proportional seyn. Man bringt noch ein zweytes Collectiv-Glas vor den Linsen an.

Ueber die Tschirnhausenschen, Trüdaineschen u. a. Brenngläser s. Gehler u. Macquer.

Ist b = 2f; so wird d = 2f, d. h. Gegenstand u. Bild sind gleich entfernt und einander gleich fig. 54. Ist b kleiner als d; so wird d negativ, z. B. fig. 54 wenn b = ½ f, so ist d = — f, wobey die Vergröſserung des Bildes bis zu derjenigen berechnet werden kann, welche das Microscop giebt, fig. 55.

Bey concaven Linsen liegt der geometrische Brennpunkt hinter denselben da, wo die rückwärts verlängerten Strahlen die Axe schneiden, oder er ist negativ. Es gelten also hierfür die nämlichen Formeln als für convexe Linsen, mit dem Unterschiede, daſs man f verneint setzt. Es ist daher für parallele Strahlen fig. 57; $-f = \frac{R+r}{2Rr}$. Der Punkt f aber fig. 56, wo der Strahl S die Axe schneidet, wird auf gleiche Weise aus $d = -\frac{fb}{b+f}$ gefunden, und eben so folgt, daſs das Auge fig. 58 das Bild des Objectes S S nach ff versetzen muſs. Vergl. hierüber vorzüglich Langsdorf Photometrie, Erlangen 1803. Th. 1. Schmidt Nat. Lehre und Biot Precis elementaire II. 126 ff.

4) Zerstreuung des farbigen Lichtes.

§. 117.

Bey der Brechung des Lichtes durch prismatische durchsichtige Medien wird dasselbe in sieben farbige Theile zerstreuet, welche durch ungleiche Brechung entstehen, und von dem am stärksten gebrochenen violett durch dunkelblau, hellblau, grün, hellgelb, dunkelgelb zum rothen

übergehen. Da eine wiederholte Brechung keinen von diesen weiter zu verändern vermag, sie sämmtlich aber vom Auge als merklich verschieden erkannt werden können; so ist es am natürlichsten, diese als einfache Farben anzusehen.

Die Erzeugung der prismatischen Farben nimmt man am leichtesten wahr, wenn man einen weiſsen seidenen Faden horizontal vor einem Fenster ausspannt, und durch ein Prisma mit horizontaler Axe in schicklicher Entfernung betrachtet, bis sich das Ganze in die prismatischen Farben auflöset. Daſs aber die Farben verschieden gebrochen werden, sieht man am besten, wenn man auf einen schwarzen Grund einen dunkelblauen und dunkelrothen Streifen Papier neben einander klebt, ihre oberen Enden durch eine gerade Linie begrenzt, und diese durch den brechenden Winkel eines Glasprisma betrachtet.

Newton stellte zur Begründung seiner Theorie hauptsächlich drey Versuche an, welche durch fig. 59, 60 u. 61 erläutert werden können. Nach der Rechnung §. 116 könnte das Sonnenbild nur die Gröſse f fig. 59 haben, und die gröſsere Länge beweiset daher die ungleiche Brechung der einzelnen farbigen Strahlen; die Einfachheit und Unveränderlichkeit der Farben aber ergiebt sich aus der wiederholten Brechung fig. 60 u. 61. Eine convexe Linse vereinigt die Strahlen wieder. Das Prisma kann blos die Ränder der durch dasselbe betrachteten Gegenstände farbig zeigen.

Weil einige prismatische Farben in gleicher Klarheit und Reinheit auch durch Mischung entstehen, so haben einige Physiker die Zahl der Grundfarben verringern wollen. Tob. Mayer nimmt roth, gelb und blau, als solche an. Hiernach hätte aber das Violette nicht die mittlere Brechbarkeit seiner beyden Bestandtheile, wenn man nicht etwa mit Euler annehmen wollte, es sey in demselben das Roth des zweyten, wegen schwächeren Lichtes nicht sichtbaren Farbenbildes vorhanden. S. Tob. Mayer comm. de affinitate colorum in opp. ined. Gött. 1775. Nach Wünsch sind roth, grün und violett Grundfarben. S. Versuche u. Beobachtungen über die Farben d. Lichts. Leipz. 1792. Vergl. Molweide bey Gehlen n. J. I. 651. Unter diesen Hypothesen scheint mir bloſs die von Euler aufgestellte einige Aufmerksamkeit zu verdienen, obgleich auch nach dieser nicht abzusehen ist, warum das nicht weit vom Roth liegende Gelb, welchem die gröſste

Intensität des Lichtes eigen ist, dem Auge gar nicht mehr wahrnehmbar werden sollte.

§. 118.

Weil die genannten verschiedenfarbigen Lichtstrahlen nicht bloss durch prismatische Brechung dargestellt werden, sondern auch dann, wenn diese in Zurückstrahlung übergeht; so nahm Newton an, dass das weisse Licht aus sieben farbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt sey. Durch eben so feine als genaue Versuche bestimmte er zugleich die Grösse und das Brechungsverhältniss dieser einzelnen Farbenbilder mit unglaublicher Schärfe.

Wie durch Drehen des Prisma um seine Axe die einzelnen farbigen Lichtstrahlen nach einander zurückgestrahlt werden, läfst sich durch fig. 62 erläutern.

Newton theilte die doppelte Länge des prismatischen Farbenbildes C V fig. 63, die Bögen nicht mitgerechnet, in 720 Theile, und fand dann, dass Violet 80, Indigo 40, Blau 60, Grün 60, Gelb 48, Orange 27, Roth 45 solcher Theile einnehmen, wonach also der Raum der drey oberen gerade so gross ist, als derjenige, welcher den vier unteren zugehört. Nennt man das Ganze 1; so stehen die Räume von C nach V gemessen nahe in folgenden Verhältnissen: 1; $\frac{8}{9}$; $\frac{5}{6}$; $\frac{3}{4}$; $\frac{2}{3}$; $\frac{3}{5}$; $\frac{9}{16}$; $\frac{1}{2}$. Da dieses aber von dem eigenthümlichen Zerstreuungsvermögen der gebrauchten Substanz abhängt; so sind keine weitere Folgerungen darauf zu bauen. Das nahe Zusammentreffen dieser Grössen mit den Ton-Intervallen der Octave ist also bloss zufällig, und überhaupt lassen sich durch die Farben keineswegs gleiche Eindrücke auf die Seele hervorbringen, als durch die Töne, bey denen ohnehin das Verhältniss der sieben Intervalle keineswegs ein nothwendiges ist. S. §. 60. S. mem. de Par. 1737. p. 61. Heydenreich System d. Aesthetik. 224. Ferner fand derselbe den Einfalls-Sinus = 50, den Brechungs-Sinus der rothen Strahlen = 77, der violetten = 78. Setzt man den ersteren = 1; so ist derselbe bey

roth	1,54	bis	1,5425
orange	1,5425	—	1,544
gelb	1,544	—	1,54667

grün	1,5466 bis	1,55
blau	1,55 —	1,5533
indigo	1,5533 —	1,5555
violett	1,5555 —	1,56

Die Stärke der Farbenzerstreuung ist in verschiedenen brechenden Körpern verschieden. S. Frauenhofer in Münchener Denkschriften 1814 u. 15. bey G. LIV. 264. Brewster bey Schweigg. XVII. 135. Wie im Prisma ausser der eigentlichen Brechung noch andere schwächere Bilder entstehen S. Biot III. 439. Höchst merkwürdige Entdeckung der Streifen im prismatischen Farbenbilde durch Frauenhofer a. a. O. Ueber d. Farbendreyeck S. T. Mayer de affinitate colorum in opp. ined.

§. 119.

Die verschiedenen Körper haben die Fähigkeit, das durchgehende Licht sowohl als das reflectirte auf eine eigenthümliche Weise so zu modificiren, daſs es eine einfache oder eine gemischte Farbe zeigt. Vorzüglich ist dieses der Fall bey den Pigmenten, deren Farbe aber nie ganz rein ist. Selten strahlt ein Körper anderes gefärbtes Licht zurück, als er durchläſst. Gehen die Farben bey verschiedener Richtung gegen das auffallende Licht schnell in einander über; so entsteht das Schillern. Alle Farben vereinigt geben weiſses Licht, die Abwesenheit aller Farbe ist schwarz.

Man nimmt an, daſs die Körper alle andern Farben binden, und nur die ihnen eigenthümliche durchlassen und zurückstrahlen. Selten oder nie geschieht dieses vollständig, daher zerlegt das Prisma die durch farbige Gläser gehenden Lichtstrahlen in das Farbenspectrum mit der vorherrschenden Farbe des Glases; auch behalten die durch gefärbte Substanzen gesehenen Gegenstände ihre Farbe. Parrot. II. 180. Je tiefer der Lichtstrahl in den gefärbten Gegenstand eindringt, oder je länger der Weg ist, den er in ihm zurücklegt, desto mehr wird er die Farbe desselben annehmen. Daher erscheinen die dünnen Scheiben weiſsen Glases am Rande grün. Halley's Versuch, welcher im Meere die obere Fläche seiner Hand roth, die untere grün sah. Hook machte al-

les Licht verschwinden, indem er ein Prisma mit blauer Flüſsigkeit und eins mit rother vereinigte. Ueber Blendgläser gegen das Sonnenlicht u. a. m.

Verschiedenes Licht strahlen zurück und lassen durch einige Glasarten, die frische Tinctur des Griesholzes, u. a. Farbenwechsel im mineralischen Chamäleon; sympathetische Dinten. Ueber Farbenveränderungen durch Mischungen S. Tielebein in v. Crell chem. Ann. 1785 St. 2. Grotthuſs bey Gehlen VII. 700. Brewster's Nachahmung des Perlmutterglanzes durch Abdrückung auf schwarzem Siegellack.

Das Schillern mancher Körper bringt eine Art Blenden des Auges hervor, welche auch durch manche Farben entsteht.

Hervorbringung des weiſsen Lichtes durch Vereinigung des prismatischen; unvollkommener durch Farbenspindeln. S. Biot III. 446. Lüdicke bey G. V. 272. XXXIV. 1. 229 u. 362.

Anwendungen der Farbentheorie auf mehrere optische Meteore werden in der Meteorologie gemacht.

Ueber den Eindruck der Farben auf das Auge und die Empfindung, überhaupt über das Aesthetische der Farben und des Lichtes handelt sehr vollständig v. Göthe: zur Farbenlehre, Tübingen 1810. Th. 1 im Anf. Vergl. Prüfung d. Farbenlehre d. H. v. Göthe u. s. w. von Mollweide. Halle 1810. 8. C. H. Pfaff über Newton's Farbentheorie, H. v. Göthe's Farbenlehre u. s. w. Leipz. 1813. 8.

5) Diffraction, Inflection oder Beugung des Lichtes.

§. 120.

Wenn ein feiner Strahl des weiſsen Lichtes durch einen engen Raum zwischen zwey scharfen Blechen durchgehend in einem dunkeln Zimmer aufgefangen wird; so entsteht an einer gegenüberliegenden Wand ein mit der Entfernung an Breite zunehmender Lichtstreifen, welcher in der Art Farben spielt, daſs die rothen zu äuſserst, die violetten aber nach innen liegen. Ist dagegen der durchgehende Strahl einfaches farbiges Licht; so enthält das Bild abwechselnde Streifen von Licht und Schatten.

Die Beobachtung ist zuerst von Grimaldi gemacht, S. Physico mathesis de lumine, coloribus et iride aliisque adnexis. Bonon. 1665. 4. Newton hat sie wiederholt, und nach ihm mehrere, z. B. G. W. Jordan S. G. XVIII. 1. am genügendsten Biot u. Pouillet. Fällt der einfarbige Lichtstrahl durch zwey nahe Bleche, so entstehen die getrennten Lichtstreifen, welche durch die gröſsere Nähe der Bleche breiter werden fig. 64. Verfolgt man ihren Gang mit einer mattgeschliffenen Glastafel, so erhält man die vergröſsert dargestellte Figur 65. Drehet man ein vorgehaltenes Prisma so, daſs die verschiedenen farbigen Lichtstrahlen durch die Oeffnung gehen und ihre Bilder auf die nämliche Fläche fallen, so kann man den Unterschied der Breite messen, wie ihn fig. 66 darstellt. Hieraus ergiebt sich die Entstehung der durch Inflection entstehenden prismatischen Farbenbilder aus dem weiſsen Lichte. Da die Breite derselben aber für verschiedene zwischen den Blechen befindliche durchsichtige Mittel gleichfalls verschieden ist; so muſs diese Beugung des Lichtes durch die zwischen den Blechen befindliche Substanz bedingt werden. Die Figur 67 zeigt im vergröſserten Maſsstabe die von Biot u. Pouillet gemessene regelmäſsige Entfernung der einzelnen farbigen Streifen und der zwischenliegenden Schatten für eine einfache Farbe.

Wenn statt zwey Blechen nur eins genommen wird, so enstehen auch nach dem Schatten hin wechselnde Lichtstreifen, und vom weiſsen Lichte auch vielfarbige, welche weniger deutlich wahrgenommen werden und noch eine nähere Untersuchung verdienen Biot III. 767.

§. 121.

Wird ein feiner Körper in einen einfarbigen oder weiſsen Lichtstrahl gehalten; so wirft derselbe durch Abbeugung des Lichtes einen breiteren Schatten an die Wand, als seiner Dicke proportional ist. Zugleich aber werden um denselben andere Lichtstrahlen gebogen, welche in einzelnen Streifen in seinen Schatten fallen. Diese Zusammenbiegung findet auch bey dickeren Körpern statt, ist aber dann verhältniſsmäſsig schwächer.

Diese Entdeckung machte gleichfalls Grimaldi, indem er ein Haar in einen feinen Sonnenstrahl hielt, und

die angezeigte Abbeugung der farbigen Lichtstreifen entdeckte. Maraldi S. acad. des Sciences 1723. erweiterte sie sehr, indem er dickere Stäbe nahm, die Gröſse ihres Schattens maſs und diese gemessene Gröſse mit der aus der Dicke der Stäbe, ihrer Entfernung von der Lichtquelle und der auffangenden Wand nebst der Breite des einfallenden Lichtstrahls berechneten verglich. Hierbey entdeckte er zugleich die Zubeugung der Strahlen. Später sind diese Lichtstreifen genau untersucht durch Fresnel, welcher ihren regelmäſsigen Wechsel ganz mit dem im vorigen §. beschriebenen übereinstimmend findet. Merkwürdig ist der Umstand, daſs sie an beyden Seiten verschwinden, wenn man nur an einer Seite des schmalen Körpers einen undurchsichtigen Schirm hält, oder diesen in seinen Schatten taucht. Ist der Schirm sehr dünn; so verschwinden sie bloſs an einer Seite. S. Annal. de chim. et de phys. 1816 u. 17. Biot III. fin.

Aus dieser Beugung des Lichtes erklären sich der Lichtsaum um den Mond bey centralen Sonnenfinsternissen; die flimmernden prismatischen Farben des hellen Sonnenlichtes, wenn es an feinen Haaren streift; die farbigen Ränder der Fenstersprossen, wenn man sie an einem scharfen Bleche herstreifend ins Auge fallen läſst, oder die durch H. v. Göthe sogenannte Polarität. S. dessen Beyträge zur Optik. Weim. 1792. Vergl. Gren J. d. P. VII. 3. u. a. Erscheinungen, z. B. wahrscheinlich auch die von Hopkinson u. Nicholson entdeckte Vervielfältigung der Bilder, wenn man ein leuchtendes Object in einiger beträchtlicher Entfernung durch ein Tuch oder irgend ein Flechtwerk betrachtet. S. G. XVIII. 197. Vergl. Brougham in phil. trans. for 1796 u. 97. desgl. Prevost ebend. for. 1798. G. V. 129. Honoré Flaugergues in J. d. ph. LXXV. 16. LXXVI. 142 u. 278.

6) Doppelte Brechung des Lichtes.

§. 122.

Alle durchsichtigen Crystalle, deren Grundform kein Cubus oder regelmäſsiges Octaeder ist, haben die Eigenschaft, die durchgehenden Lichtstrahlen in zwey Theile zu spalten, wovon der eine die gewöhnlichen Gesetze der Brechung, der andere aber ungewöhnliche befolgt. Eine nähere Untersuchung zeigt bald, daſs die unge-

wöhnliche Brechung durch die Lage der Hauptaxe des jedesmaligen Crystalles bedingt wird, welche nach Biot entweder repulsiv oder attractiv auf die Lichttheilchen wirkt.

Ueber die Grundformen der Crystalle S. §. 72. Beym rhomboidalen Kalkspath, auch isländischer Doppelspath genannt, welcher die angegebene Eigenschaft am stärksten zeigt, geht die Hauptcrystallisationsaxe von dem einen stumpfwinklichen Eck zum andern. Die doppelte Brechung geschieht allezeit so, daſs der ungewöhnlich gebrochene Lichtstrahl in der Richtung der Haupt-Crystallisations-Axe von dem stumpfwinklichen Eck nach dem spitzwinklichen geworfen wird, wovon man sich überzeugen kann, wenn man einen schwarzen Punkt auf weiſsem Papiere durch einen solchen Kalkspath-Crystall betrachtet, in welchem Falle beyde Bilder bey jeder Richtung einen gleichen Abstand haben. Legt man auf diesen Crystall einen andern von gleicher Dicke mit entgegengesetzter Richtung der Axen; so verschwinden die doppelten Bilder, und es entsteht ein einfaches von doppelter Intensität. Legt man den Crystall auf eine schwarze Linie so, daſs diese Axe mit derselben parallel läuft, so fallen die doppelten Bilder derselben zusammen, entfernen sich dagegen am stärksten, wenn die Linie die Axe rechtwinklicht schneidet. Man sieht dieses am deutlichsten, wenn man zwey, einen rechten Winkel bildende Linien auf weiſsem Grunde durch einen solchen Crystall betrachtet, so daſs die eine derselben mit der Crystallisationsaxe parallel läuft, und dann einen andern Crystall von gleicher Dicke auf demselben liegend um seine horizontale Ebene drehet. Es zeigt sich hierbey dann sehr deutlich, wie die einzelnen Quantitäten des Lichtes durch doppelte Brechung nach beyden Seiten sich theilen. Wenn man zwey Crystalle von gleicher Dicke über eine schwarze Linie auf weiſsem Grunde beyde in gleicher Richtung ihrer Axen legt, und den oberen um einen Bogen von 45° drehet, so werden die doppelten Bilder zum Theil vereinigt, zum Theil noch einmal so weit entfernt seyn, wodurch drey Linien, welche bey gleicher Intensität die gesammte Lichtmenge unter sich gleichmäſsig vertheilen, entstehen. Bey weiterer Drehung bis 90° werden sie dann in die mittlere vereinigt werden, und überhaupt giebt eine Umdrehung durch 360° in Azimuth eine viermalige Erscheinung von drey Linien, wovon abwechselnd zwey sich etwas durch grös-

sere und geringere Deutlichkeit unterscheiden; aufserdem aber erhält man eine zweymalige Verdoppelung der Entfernung und eine zweymalige Vereinigung des doppelten Bildes.

Indem das zweyte Bild allezeit von der Axe aus in der Richtung ihrer Lage nach dem gegenüberliegenden spitzen Eck, welches mit dem stumpfwinklichen einen gleichen Winkel hat, gebrochen wird; so liegt dasselbe, wenn die Ebene durch die Hauptcrystallisationsaxe und die ihr gegenüberliegenden spitzen Ecks auf einer beobachteten Linie lothrecht ist, scheinbar unter dem unverrückten Hauptbilde, wenn die Rihtung der Axe von oben nach unten geht; im entgegengesetzten Falle aber über demselben. Befindet sich der Crystall ferner in der angezeigten Lage; so bleibt das Hauptbild bey allen azimuthalen Umdrehungen des Crystalles unverrückt, das Nebenbild aber weicht rechts oder links ab, jenachdem die angegebene Richtung der Axe dasselbe nach der einen oder anderen Seite hinwirft. Bey jeder andern Lage des Crystalles bewegen sich beyde Bilder beym Umdrehen desselben im Azimuth bald rechts, bald links. Man kann diese und andere interessante, zur Erklärung der Phänomene gewifs nicht unwesentlichen Versuche bequem anstellen, wenn man eine auf weifsem Papiere gezogene horizontale Linie durch einen lothrecht aufgehangenen Faden gedeckt und zugleich durch einen aufgelegten Crystall gebrochen werden läfst.

Biot glaubt annehmen zu müssen, dafs eine von der Hauptaxe ausgehende repulsive Kraft die Ablenkung desselben verursacht, welches nach meinen eben erzählten Versuchen unter der angezeigten genaueren Bestimmung allerdings richtig ist. Indefs zeigen nach ihm die Axen anderer, vollkommen crystallisirter Mineralien auch eine anziehende Kraft, und es ist daher eine repulsive und eine attractive doppelte Brechung anzunehmen.

Nach den Untersuchungen von Huyghens, Wollaston, Malus und Laplace nimmt man ein einziges Gesetz an, wonach die Geschwindigkeit des ungewöhnlich gebrochenen Lichtstrahls schneller wird bey attractiv wirkender Axe, und langsamer, wenn sie repulsiv wirkt. Biot III. 350 giebt folgende Gröfsen an:

Substanzen	Verhältnifs des gebrochenen Winkels zum Einfallswinkel = 1. ordentl.	aufserord.	Wirksamkeit der Axe	Richtung der Axe.
Doppelspath	0,604487	0,674172	repulsiv	durch beyde stumpfwinkliche Ecks.
Arragonit	0,590620	0,651550	repulsiv	mit der Richtung d. Spitze parallel.
Quarz	0,645813	0,641776	attractiv	desgleichen.
Schwerspath	0,611530	0,607223	desgl.	in der kleinen Diagonale v. der Fläche d. Prisma.
Apatit	--------	--------	repulsiv	
Beryll	-------	--------	repulsiv	parallel mit den Seiten d. Prisma.
Turmalin	--------	--------	repulsiv	mit der Richtung d. Spitze parallel.
Topas	--------	--------	attractiv.	desgleichen.
Gyps	0,645813	0,641776	attractiv.	in der Fläche der Blätter.

Der Glimmer hat zwey Axen, eine in der Ebene der Blätter, die andere lothrecht auf derselben.

Dringt ein Lichtstrahl bis zur hinteren Fläche des Doppelspathes, so wird auch dieser doppelt reflectirt, wie man wahrnimmt, wenn man das Bild einer Nadel bey vielem Lichte auf ein wenigtens 0,5 Zoll dickes Stück fallen läſst, oder einen hellen Crystall mit seinem stumpfwinklichen Eck auf zwey in einem rechten Winkel sich berührende schwarze Linien auf weiſsem Grunde, die Hauptaxe mit einer derselben parallel laufend legt, u. auf a. Weise. Daſs übrigens die Lichtstrahlen durch die doppelte Brechung auf eine eigenthümliche Weise afficirt werden, sieht man daraus, daſs die einmal verdoppelten Bilder durch einen zweyten Crystall nicht vierfach werden. Man erklärt dieses aus der Polarisation. Ueber die Theorie dieser Erscheinungen, von welchen Erasmus Bartholinus in: Experimenta crystalli Islandici, quibus mira et insolita refractio detegitur. 1669. zuerst handelt, S. Hugenii opp. rel. T. 1. tract. de lumine cap. 5. Theo-

rie de la double Refraction de la lumière cet. par E. L. Malus 306. S. 4. t. 3 K. Hauy in Gren n. J. II. 403. Min. d. Ue. I. 303. La Place in Mém. de la Soc. d'Arceuil vol. II. Vergl. G. XXXII. 446. Mém. de la Soc. des scienc. agricult. et arts de Strafsbourg. Partie des sciences. I. 1811. mem. 1. par Kramp. Bernhardi über doppelte Strahlenbrechung bey Gehlen n. J. IV. 230. Biot a. a. O. Ueber Rochons Micrometer durch doppelte Brechung S. ib. u. G. XL. 141.

7) Polarisirung des Lichtes.

§. 123.

Wenn das Licht auf spiegelnde Flächen unter einem Winkel von 54° 35′ fällt, so erleidet es eine eigenthümliche Veränderung seiner Stärke und seiner Farbe, welche von Malus, dem Entdecker dieser Erscheinung, Polarisation genannt ist. Die Beobachtungen des Erfinders erstreckten sich anfänglich blofs auf das Verschwinden eines von zwey unbelegten Glasplatten in dem angegebenen Winkel reflectirten Lichtstrahles, wenn die Ebene des zweyten die des ersten unter einem Winkel von 90° oder 270° schneidet.

Die angegebene Wirkung ist allgemein, S. §. 127. obgleich unbelegte Spiegelplatten sie am besten und am leichtesten zeigen, weswegen es vorläufig am besten ist, sich hierauf allein zu beschränken.

Man hat mehrere Maschinen erdacht, um die verschiedenen Versuche bequem anzustellen. Einige lassen das Licht von oben nach unten, andere von unten nach oben in das Auge fallen, welches blofs hinsichtlich der Bequemlichkeit des Beobachtens verschieden ist, und alle haben zum Zweck, dem Lichtstrahle diejenige Richtung zu geben, welche fig. 68 angedeutet ist. Ueber die Maschinen S. J. T. Mayer comment. de polaritate lum. in Com. Rec. Soc. Reg. Gött. II. Schulze Montanus bey G. LVI. 427. am bequemsten, obwohl nicht für alle Versuche zureichend, ist die von Schweigger angegebene, welche in München verfertigt wird.

Stehen die Ebenen der beyden unbelegten oder mit schwarzem Papier foliirten Spiegelgläser fig. 68 parallel,

und der Lichtstrahl fällt in dem angegebenen Winkel auf dieselben, die Richtung nach der Weltgegend sey welche sie wolle; so wird derselbe vom zweyten Spiegel völlig reflectirt, verschwindet aber mehr, und fällt durch die zweyte Scheibe, wenn sie bey gleichbleibendem Einfallswinkel des Lichtstrahls mit der ersten Scheibe einen Winkel macht, bis zum gänzlichen Verschwinden bey 90° oder 270°. S. Malus bey G. XXXII. 463. Mem. de l'Ins. XII. 105 u. 142. Ob bey diesen Winkeln wirklich das gesammte Licht durch die Glasscheibe fällt, und auf diese Weise, oder vielmehr durch sonstige Modificationen seine Intensität verliert, wie mir aus einigen vorläufigen Beobachtungen und nach andern analogen Erscheinungen wahrscheinlich ist, verdiente durch genügende Versuche ausgemittelt zu werden. Vergl. §. 125.

Zu grelles Sonnenlicht ist weniger günstig.

Das gänzliche Verschwinden ist dadurch schwierig, daſs der Lichtstrahl stets eine gewisse Gröſse hat, so daſs daher nicht alle Theile desselben die bestimmten Einfallswinkel haben. Ist eine der Glasplatten an der hinteren Seite matt geschliffen; so ist ihre Wirkung merklich schwächer, weswegen sie unter weniger günstigen Bedingungen beobachtet, von manchen Physikern als gänzlich verschwindend angegeben ist.

Nicht bey allen durchsichtigen Substanzen ist der Polarisationswinkel gleich, sondern er wird durch die brechende Kraft derselben und die des umgebenden Mittels bestimmt, und macht nach Brewster phil. tr. 1818. 1. mit dem gebrochenen Lichtstrahle einen rechten Winkel.

Daſs der im Kalkspath Rhomboeder gewöhnlich gebrochene Lichtstrahl eine gleiche Veränderung erlitten habe, als der von der ersten polarisirenden Scheibe reflectirte, hat Biot durch seine Versuche mit Prismen von Doppelspath aufgefunden. S. Precis elem. II. 410. Vergl. Malus bey G. XXXI. 225.

Hypothetische Erklärung dieser Phänomene aus der Lage der Polarisationsaxe der Lichttheilchen. Aehnliche Wirkung mehrfacher, durch dünne Luftschichten getrennter Spiegelscheiben. S. J. T. Mayer com. de pol. lum.

§. 124.

Geht der polarisirte Lichtstrahl durch vollkommen crystallisirte durchsichtige Körper in dünnen Blättern, welche parallel mit ihrer Cry-

stallisationsaxe geschnitten sind, so zeigt sich beym Umdreben der Crystallisationsaxe derselben um den polarisirten Lichtstrahl ein vierfacher Wechsel der Intensität desselben, deren jeder um 45° vom früheren entfernt ist. Bey blättrigen Substanzen, vorzüglich dem Glimmer, und noch mehr bey blättrigen Gypse erzeugt dieses ein wundersames und überraschend schönes Spiel der glänzendsten Farben, welche viermal in abwechselnden, um den genannten Winkel abstehenden Lagen entstehen und schwinden.

Versuche lassen sich anstellen, wenn man einen Bergcrystall, Rauchtopas, Turmalin (bey vielem Lichte), blättrigen Gyps und andere vollkommen crystallisirte Fossilien, meistens in sehr dünnen, mit ihrer Haupt-Crystallisationsaxe parallel geschnittenen Blättern in den Ring der Polarisirungsmaschine bringt, und die Umdrehung für die erforderlichen Grade bewerkstelligt. Vergl. Brewster über polarisirende Crystalle in phil. trans. 1818. p. 1. Der Glimmer zeigt die Erscheinung auch bey dickeren Blättern, der blättrige Gyps von Paris aber am schönsten bey möglichst dünnen. Legt man mehrere, verschiedene Farben gebende Blätter über einander; so geben sie die gemischten Farben von geringerer Intensität, welche die nämlichen Veränderungen als die ursprünglich einfachen zeigen, bis zur Dicke von $0{,}45^{mm}$, wo sie weiſs erscheinen. Biot nennt dieses die bewegliche, die im vorigen § erwähnte dagegen die feste Polarisation. Nach Fresnel ändert nicht bloſs die Dicke, sondern auch die Temperatur die Farben im Fraueneis. Man kann die Blätter daher in heiſses Wasser legen. S. J. de chim. 1817. mars. 299.

Ueber den Zusammenhang dieser Erscheinung mit dem Newtonschen Farbenspiele des Lichtes in dünnen Räumen S. Biot IV. 254 ff. desgl. in mém. de l'Inst. XII. 135. Erklärung derselben aus der Lage der Axen S. Mayer comm. de appar. color. a polar. lum. pendentibus in comm. rec. soc. Reg. G. T. III. und aus der Hypothese einer Oscillation der Lichttheilchen Biot ib. 388. Der Wechsel der gröſseren und geringeren Durchsichtigkeit mancher crystallisirten Körper nach dem Verhältniſs des Winkels, in welchen das Licht einfällt, desgleichen das Farbenspiel im Dichroit u. a. sind Folgen hiervon.

§. 125.

Der Winkel, welchen der auffallende polarisirte Lichtstrahl mit der Fläche der durchsichtigen dünnen Blätter macht, ändert die Farben derselben nicht, so lange der Durchgang des Strahles nicht dadurch beschränkt wird, und die Richtung der Polarisationsaxe im Azimuth, so wie die Lage der beyden spiegelnden Ebenen gegen einander unverändert bleiben. Bloſs der Glimmer macht wegen seiner doppelten Polarisationsaxe, deren repulsive Kräfte sich übrigens nach Biot wie 677 : 100 verhalten sollen, hiervon eine Ausnahme. Wird aber der zweyte parallele Spiegel der Lichtpolarisirungsmaschine, oder die Crystallisationsaxe des dünnen Blättchens um den polarisirten Lichtstrahl gedrehet; so entsteht bey 90° und 270° die supplementäre Farbe der bey 0° und 180° bestehenden, indem zugleich bey 45° Entfernung von diesen Winkeln die Farbe ganz verschwindet.

Es fallen demnach die Hauptfarben mit denjenigen Winkeln zusammen, bey welchen der weiſse Strahl die gröſste Intensität des Lichtes hat, die complementären mit der geringsten.

Folgender Farbenwechsel findet nach eigenen Versuchen statt:

Hauptfarbe		complementäre.
dunkel violett	— —	mittelhellgrün,
dunkelbluthroth	— —	hellgrün,
violett	— — — —	grüngelb,
dunkelpurpurviolett	—	blaſsgrünlich gelb,
purpurviolett	— —	gelbgrün,
dunkelviolettblau	—	hellgelb,
dunkelblau	— — —	hellgelb,
hellblau	— — —	dunkelgelb,
hellblaugrün	— —	gelbroth,
dunkelgrün	— — —	hellroth,
mittelgrün	— — —	mittelroth,
hellgrün	— — —	dunkelroth.

Bey einem sehr dünnen Stückchen ging dunkelschwarzgrün in blaſsgelbliches weiſs über, wobey jedoch nicht

übersehen werden darf, daſs es überhaupt schwer ist, die Beschaffenheit der Farbe genau zu bestimmen, und daſs die Intensität des auffallenden Lichtes leicht einen Unterschied in der Bestimmung der Tiefe der Farbe erzeugt.

Es folgt hieraus ziemlich evident das wirkliche Vorhandenseyn der sieben Hauptfarben und eben so das allallgemeine Gesetz, daſs zwischen jeder supplementären Farbe zwey volle Farben liegen. Aehnliche Farben zeigen sich, wenn man solche dünne Blätter auf einen schwarzen Spiegel legt, das von weiſsen Wolken reflectirte Licht darauf fallen läſst, und das Bild durch ein Kalkspathprisma oder in einem zweyten schwarzen Spiegel unter dem erforderlichen Winkel betrachtet.

Enthält die Lichtpolarisirungsmaschine statt des zweyten Spiegels ein Prisma von Doppelspath, so wird der polarisirte Lichtstrahl doppelt gebrochen, jedoch so, daſs durch Umdrehung des Prisma im Azimuth um den polarisirten Lichtstrahl jeder der beyden doppelt gebrochenen Lichtstrahle bey einer Umdrehung von 360° zweymal das Maximum und das Minimum der Intensität erhält. Geht der polarisirte Lichtstrahl vor dieser doppelten Brechung durch dünne Blätter Gyps, so erreichen auch hierbey die erzeugten Farben viermal ihr Maximum und Minimum, indem jederzeit die complementären Farben zugleich hervorkommen. Höchst merkwürdig ist hierbey, daſs in demjenigen Bilde, in welchem das Licht im Minimo der Stärke und fast völlig verschwunden ist, die Farben des Gypses in ungeschwächter Intensität hervortreten. Vergl. §. 123.

Das eben so schöne, als mannigfaltige und wunderbare Farbenspiel, welches dann eintritt, wenn man mehrere farbenspielende Blättchen über einander legt, und die Azimuthal-Winkel ihrer Hauptaxe ändert, verdient weiter untersucht zu werden. Vergl. §. 130. S. Biot IV. 482.

§. 126.

Wenn man das von weiſsen Wolken reflectirte oder von einer argandschen Lampe durch mattgeschliffenes Glas durchgehende, von einem schwarzen Spiegel reflectirte Licht durch eine aus Doppelspath geschnittene Platte, deren Flächen auf der Hauptaxe normal sind, in der Richtung

dieser Axe fallen, und dasselbe dann von einem zweyten schwarzen Spiegel in dem bekannten Polarisationswinkel reflectirt werden läſst; so zeigen sich concentrische farbige Kreise, welche von einem schwarzen Kreuze durchschnitten sind. Ein ähnliches Farbenspiel mit einem dunkeln Kreuze, welches bey der Entstehung der complementären Farben helle wird, zeigt sich gleichfalls, wenn der polarisirte Lichtstrahl durch hinlänglich dicke unvollkommen crystallisirte Körper, oder durch mehrere auf einander gelegte Glasscheiben fällt.

Eine für diesen Versuch zweckmäſsige, von Biot vorgeschlage Maschine ist fig. 69. Besser wäre es wohl, die Fassung des Spiegels v v an der Seite oder hinten anzubringen, damit man ihn um eine, durch seine Ebene gehende horizontale und um eine lothrechte Axe drehen könne. Uebrigens wird der Versuch, den ich noch nicht angestellt habe, sich auch mit der gewöhnlichen Polarisirungsmaschine machen lassen.

Schon Malus entdeckte in verschiedenen animalischen und vegetabilischen Substanzen eine Neigung zur Farbenbildung S. dessen angezeigte Schrift, desgl. bullet. de la soc. phil. 1810 u. 11, und Arago in verschiedenen unvollkommen crystallisirten Substanzen S. Mem. de l'Inst. XII. 93. Die eigentliche merkwürdigste Erscheinung des schwarzen Kreuzes und der Farbenbilder in den Ecken eines Glaswürfels beobachtete Seebeck S. Schweig. J. VII. 259. XII. 1. Seitdem hat sich besonders Brewster damit beschäftigt, und den Einfluſs der Erhitzung und ungleichen Abkühlung, ja selbst der mechanischen Pressung S. J. d. ph. LXXXIII. 203. des Glases aufgefunden S. phil. trans. 1815. Vergl. Biot in Ann. de chim. 1816. Dec. Die Form der Farbenbilder ist verschieden in Cylindern, in Würfeln, auch wenn diesen die eine Kante genommen wird, in Parallelopipedis u. s. w. Selbst der Boden bononischer Flaschen giebt ein unvollkommenes schwarzes Kreuz. Dicke, nicht polarisirende Glasplatten zeigen ein schönes schwarzes Kreuz, wenn sie an beyden Seiten erhitzt werden und die Ebenen der polarisirenden Spiegel sich normal schneiden. Die äuſserst vielfachen Abänderungen dieser Versuche, vorzüglich mit verschiedenen flüſsigen Körpern von gleicher und unglei-

cher Temperatur, sind sicher noch nicht alle bekannt gemacht. Vergl. Brewster bey Schweigg. XVII. 148.

Sehr merkwürdig ist es, dafs das Bild unverändert in mehreren unter einander parallel liegenden im Polarisationswinkel gerichteten Glastafeln dargestellt werden kann, dafs aber sogleich die complementären Farben und ein schwarzes Kreuz in derjenigen, auch der letzten zum Vorscheine kommen, deren Ebene die Ebene des ersten polarisirenden Spiegels rechtwinklich schneidet. Selbst der Winkel desjenigen schwarzen Spiegels, worin man das vom zweyten Polarisationsspiegel reflectirte Bild auffängt, hat auf die Art des Farbenspieles Einflufs. S. meine, das Ganze noch keineswegs erschöpfenden, Versuche bey G. LVII. 203.

§. 127.

Alle diese Erscheinungen werden in einem geringeren Grade auch durch metallene Spiegel, wenn sie die erforderliche Neigung haben, hervorgebracht, weniger durch belegte gläserne, als durch eigentliche metallene.

Ist die Politur der spiegelnden Flächen durch Hämmern hervorgebracht, so werden die Bilder wellenförmig. Besser sind geschliffene oder blofs gewalzte Metalle, z. B. Staniol oder Zinkblätter, bey denen selbst der Einfallswinkel nicht so bestimmt ist, als bey gläsernen. Sogar weifses und gefärbtes Papier, Holz, Elfenbein, und wahrscheinlich alle das Licht nur wenig reflectirende Körper zeigen bey hinlänglichem Lichte die angegebene Wirkung, wiewohl in einem geringeren Grade.

8) Farbenerzeugung durch dünne Lagen.

§. 128.

Alle sehr dünnen Lagen der Körper, vorzugsweise der durchsichtigen, wenn sie an einer oder an zwey Seiten von andern durchsichtigen Körpern begrenzt sind, geben durch reflectirtes Licht ein eigenthümliches Spiel gröfstentheils sehr lebhafter prismatischer Farben.

Die Erscheinung verdient in dieser ihrer Allgemeinheit berücksichtigt zu werden. Metalle werden selten in solcher Feinheit dargestellt, indefs gehört das Anlaufen des Stahls und das Farbenspiel anderer Metalle bey anfangender Oxydation gleichfalls hierher. Etwas Aehnliches zeigt sich beym Goldfirnifs auf polirtem Messing, wenn er zu heifs aufgetragen ist, beym Schillern der Fischschuppen, Federn und Schmetterlingsflügel, und in unzähligen andern Fällen.

Am gemeinsten ist dieses Farbenspiel bey dünnen Lagen durchsichtiger Körper, z. B. bey der durch die berührende Luft veränderten Oberfläche der frischen tinctura quassiae, ligni nephritici u. a. bey einem Tropfen Oel über einer grofsen Wasserfläche, bey Seifenblasen, sehr dünnen Glasplättchen geblasener Kugeln u. a. m. Vorzüglich gehört dahin das schöne Farbenspiel des der freyen Luft und den Sonnenstrahlen ausgesetzten Glases, wenn dasselbe mit sehr dünnen Lagen heterogener Körper überzogen ist. Selbst ältere Glasspiegel zeigen neben den eigentlichen Bildern noch dieses Farbenspiel, wenn weifse Wolken von ihrer Vorderfläche reflectirt werden. Im Allgemeinen ist die Erscheinung am schönsten, wenn das von weifsen Wolken oder nur von der Luft reflectirte Licht auf die farbenspielenden Körper fällt, am häufigsten aber wird dieselbe beobachtet beym sogenannten Irisiren des zersplitterten Glases oder sonstiger von feinen Rissen durchdrungener Mineralien.

§. 129.

Die Erscheinung wurde beobachtet und wissenschaftlich behandelt durch Newton. Dieser legte zwey convexe Linsen von sehr grofsen Brennweiten auf einander, oder eine solche Linse auf ein vollkommen planes Glas, so dafs die Flächen derselben in einem sehr kleinen Winkel divergirten, und erhielt im Punkte ihrer Berührung einen schwarzen Fleck, welcher zunächst von einer weifsen Kreisfläche umgeben war, an welche eine unbestimmbare Menge prismatischfarbiger concentrischer Kreise grenzte. Weil es jetzt schwierig ist, solche Linsen zu bekommen, so erhält man leicht ähnliche Resultate, wenn man

zwey etwas dicke nicht grofse Glasscheiben auf einander drückt, oder am besten wenn man zwey Prismen von Glas mit kleinen brechenden Winkeln auf einander legt.

Man kann eine solche Glasplatte auch gegen andere reflectirende Körper drücken, um ähnliche Erscheinungen zu erhalten, auch zeigen sich dieselben im möglichst leeren Raume, und bey zwischenliegenden durchsichtigen Medien. Entfernen sich die Flächen nicht nach einem bestimmten Gesetze; so sind die Farbenringe nicht genau concentrisch, auch giebt es oft mehrere schwarz erscheinende Berührungspunkte. Durch eine Loupe besehen werden sie deutlicher, und die feineren entfernteren, für sich nicht sichtbaren, werden kenntlich, wenn man sie durch ein gläsernes Prisma betrachtet.

Newton bestimmt nach genauen Messungen für diese Erscheinungen folgende Gröfsen, indem er die Durchmesser der Kreise vom kleinsten = 1 mafs:

Durchmesser.		Quadrate derselben.		Differenzen.
1,00000	—	1		
			—	0,73205
1,73205	—	3		
			—	0,50402
2,23607	—	5		
			—	0,40968
2,64575	—	7		
			—	0,35425
3,00000	—	9		
			—	0,31663
3,31663	—	11		
			—	0,28892
3,60555	—	13		
			—	0,26743
3,87298	—	15		

Die Lage der tiefsten Farben dagegen war so, dafs, wenn er für den Mittelpunkt des Schwarzen 0 setzte, die Durchmesser der übrigen in dem Verhältnisse der Zahlen 2 : 4 : 6 : 8 . . . folgten. Auch die Dicke der Luftschicht wurde gemessen, welche eine Farbe hervorbrachte, und für die erste glänzendste $= \frac{1}{178000}$ Zoll gefunden, welcher Nenner für die folgenden, deren Zähler 3; 5; 7 . . . ist, unverändert bleibt.

Läfst man das Licht durch die Glasprismen fallen, anstatt das von denselben reflectirte zu beobachten; so erscheinen die nämlichen farbigen Kreise, jedoch schwächer und mit weifs in der Mitte, von Schwarz umgeben, die Kreise selbst aber in complementären Farben.

Merkwürdig ist, dafs die §. 120 angegebene, in fig. 67 dargestellte Folge der durch Diffraction erzeugten

farbigen Säume hinsichtlich ihrer Reihenfolge mit diesen Farben-Kreisen identisch ist.

§. 130.

Befindet sich, statt der Luft, Wasser zwischen den Glasflächen, so sind die Farbenringe schwächer von Farbe und kleiner von Durchmesser. Noch viel kleiner aber erscheinen sie auf Seifenblasen, bey denen an der dünnsten Stelle gleichfalls ein schwarzer Fleck sichtbar wird. Fällt einfaches prismatisches Licht auf diese Farbenkreise, so erscheinen sie in diesen einfachen Farben, und ihre Grenzen sind dunkel.

Newton machte diese Versuche, indem er zwischen die Prismen nach schon gebildeten Farbenringen Wasser dringen liefs. Er fand den Durchmesser verringert im Verhältnifs von 7 : 8, deren Quadrate 49 : 64 das Verhältnifs der Durchmesser nahe = 3 : 4, also dem Brechungsvermögen gleich machen. Die Seifenblasen müssen unter einer dünnen Glasklocke gegen Ausdünstung und schnelles Zerspringen gesichert werden, oder man kann sie besser und bequemer in einem solchen gläsernen Gefäfse an einem hineingesenkten Rohre erzeugen und längere Zeit erhalten. Der Durchmesser ihrer Farbenringe ist 24mal geringer als bey der Luft. Die Grenzen bey prismatischem Lichte sind wegen der Reflection der spiegelnden Flächen nicht schwarz, sondern blofs dunkel.

Newton theilt die Farbenreihen rücksichtlich der Dicke des Mittels, von welchem sie reflectirt werden, in Beziehung auf die im vorigen §. angegebene Normalgröfse in verschiedene Ordnungen ab, deren Reihenfolge bis zur siebenden in folgender Tabelle gegeben ist. S. Biot IV. 77.

Ordnungen	Hervorgebrachte Farben.	Dicke der farbengebenden Mittel in Millionth. eines engl. Zolles Luft	Wasser.	Glas
1	sehr schwarz	0 500	0,375	0,322
	schwarz	1,000	0,750	0,645
	Anfang d. Schwarz	2,000	1,500	1,276
	blau	2,400	1,800	1,550
	weiſs	5,25	3,875	3,400
	gelb	7,111	5,333	4,600
	orange	8,000	6,000	5,166
	roth	9,000	6,750	5,800
2	violett	11,166	8 375	7,200
	indigo	12,833	9,625	8,182
	blau	14,000	10,500	9,000
	grün	15,125	11,333	9,714
	gelb	16,276	12,200	10,400
	orange	17,222	13,000	11,111
	hochroth	18.333	13,750	11,833
	scharlach	19,666	14,750	12,666
3	purpur	21,000	15,750	13,550
	indigo	22,100	16,571	14,250
	blau	23,400	17,550	15,100
	grün	25,200	18,900	16,250
	gelb	27,143	20,333	17,500
	roth	29,000	21,750	18,714
	bläulichroth	32,000	24,000	20,666
4	bläulichgrün	34,000	25,500	22,000
	grün	35,276	26,500	22,750
	gelblichgrün	36,000	27,000	23,222
	roth	40,333	30,250	26,000
5	grünlichblau	46,000	34,500	29,666
	roth	52,500	39.375	34,000
6	grünlichblau	58,750	44,000	38,000
	roth	65.000	48,750	42,000
7	grünlichblau	71,000	53,250	45,800
	röthlichweiſs	77,000	57,750	49,666

Ganz mit der Erzeugung dieser Farben identisch findet sich die Farbenerzeugung in den verschiedenen sonstigen dünnen Blättchen beym Durchgange des polarisirten Lichtes, so daſs sie die nämliche Reihenfolge nach ihrer wachsenden Dicke und mit Rücksicht auf ihr eigenthümliches Brechungsverhältniſs befolgen. Zur genaueren Prüfung dieser Behauptung wandte Biot das von Cauchoix erfundene (nicht ganz paſslich) Sphéromètre

genannte Werkzeug an, welches in einer feinen, von einem Dreyfuſs mit stählernen Spitzen getragenen Micrometerschraube besteht. Setzt man diesen Apparat auf eine ebene Glasscheibe, so daſs alle 4 Spitzen in genaue Berührung kommen; so giebt die Zahl der Umdrehungen der Micrometerschraube die Dicke des untergelegten Blättchens an. S. IV. 343. Auch ohne dieses Werkzeug kann man die Richtigkeit der Tafel durch das Aufeinanderlegen mehrerer Blättchen prüfen Vergl. §. 125. So erzeugen zwey Blättchen Gyps, welche einfach das zwischen 17 u. 18 der zweyten Ordnung liegende roth geben, auf einander gelegt das mit 35 bezeichnete grün der 4ten Ordnung. Darf man diese Sätze als bewiesen ansehen, so läſst sich die Dicke der Blätter bey bekanntem Brechungsverhältniſs aus ihrer Farbe berechnen, z. B. das Brechungsverhältniſs des Glimmers gegen Luft ist 1,53. Zeigt ein Blättchen das Blau der 3ten Ordnung, so ist seine Dicke $= \frac{23,4}{1,53}$ d. i. 15,3 Millionth. eines engl. Zolles. S. Biot a. a. O.

9) Hypothese der Accesse und der oscillatorischen Bewegung der Lichttheilchen.

§. 131.

Indem das Licht den Himmelsraum in einer gemessenen, für die einzelnen farbigen Strahlen gleichen Geschwindigkeit durchläuft, seine Geschwindigkeit aber in durchsichtigen Mitteln sofern ändert, daſs sie im Verhältniſs des Sinus des Brechungswinkels zum Sinus des Einfallswinkels gröſser wird; so nimmt Newton an, daſs jedes Lichttheilchen beym Eindringen in ein brechendes Mittel eine gewisse Neigung des Durchganges erhält, welche sich während seiner Bewegung in dieser brechenden Substanz periodisch erneuert, so daſs es bey jeder solchen wiederkehrenden Neigung leicht hindurchgeht, in den Zwischenräumen dieser Wiederkehr dagegen zwar nicht nothwendig, aber leichter zurückgeworfen wird. Diese Disposition nennt er Vices, oder An-

wandlungen des leichten Durchganges und der leichten Zurückstrahlung, und den Raum, welchen ein Lichttheilchen durchläuft, um von einem Accesse bis zu einem gleichen zu gelangen, ein Intervall der Accesse.

Dafs die Bewegungen der einzelnen farbigen Lichttheilchen im widerstandleeren Raume gleich sind, zeigt sich dadurch, dafs die Jupiterstrabanten beym Eintritte in den Schatten des Planeten nicht farbig erscheinen.

Nach dieser Annahme müssen die Elemente der Körper in gewissen Gruppen vereinigt und durch Zwischenräume getrennt gedacht werden, mit der Bestimmung, dafs die brechende Kraft in diesen Gruppen viel stärker ist, als in den Zwischenräumen, oder auch allein in denselben bewirkt wird. Diese wechselnden Lagen der Körperelemente aber wirken hinsichtlich der Reflection und des Durchganges des Lichtes, mithin auch zur Erzeugung der Farben ganz nach den nämlichen Gesetzen als die dünnen Lagen.

Die allmälig bewirkte Zurückstrahlung des Lichtes, mit Annahme einer über die Grenze jedes Körpers hinausgehenden repulsiven Kraft, so wie ein theilweises Hindurchgehen der Lichttheilchen sucht Newton gleichfalls dieser Hypothese anzupassen S. §. 101. Auch die Reflection des Lichtes von der hinteren Fläche durchsichtiger Körper bringt er auf diese Hypothese zurück, und Biot versichert S. IV. 192 die Versuche desselben mit Pouillet u. Deflers wiederholt und nebst allen Resultaten auf das Vollkommenste bestätigt gefunden zu haben. Newton nimmt in Beziehung auf seine Messungen der Farben-Erscheinungen zugleich an, dafs für die Lichttheilchen, welche die 8 Grenzen der prismatischen Farben bilden, wenn sie bey einem gleichen Einfallswinkel in irgend ein Medium eindringen, die Intervalle ihrer Accesse sich unter einander verhalten wie die Cubikwurzeln der Quadrate von 1; $\frac{8}{9}$; $\frac{5}{6}$; $\frac{3}{4}$; $\frac{2}{3}$; $\frac{3}{5}$; $\frac{9}{16}$; $\frac{1}{2}$. Für verschiedene Mittel steht beym lothrechten Einfalle der Lichtstrahlen die Gröfse der Accesse im Verhältnisse der Brechungssinusse, und sie würden daher im leeren Raume $\frac{1}{3388}$ länger seyn, als in der Luft. Nimmt man diesen Satz mit der §. 129 angegebenen Messung des Raumes zusammen, in welchem die erste glänzende Farbe zurückgestrahlt wird $= \frac{1}{178000}$ Z. so würden für die

Wechsel des Durchganges und der Zurückstrahlung hiernach folgende Werthe der Räume in engl. Zollen gemessen, gefunden werden.

Durchgang .. o $\frac{2}{178000}$ $\frac{4}{178000}$

Zurückstrahlung $\frac{1}{178000}$ $\frac{3}{178000}$ $\frac{5}{178000}$

Ist hiernach die Länge eines Accesses $= \frac{1}{178000}$ Zoll; so wird dessen Hälfte $= \frac{1}{89000}$ die Länge eines Intervalles bezeichnen, und hiernach wären in Milliontheilchen eines engl. Zolles die Längen der Accesse für die Grenzen der prismatischen Farben

Farben	im leeren Raume	in Luft	in Wasser	in Glas
violet	3,99816	3,99698	2,99773	2,57870
indigo	4,32436	4,32308	3,24231	2,78908
blau	4,51473	4,51342	3,38507	2,91188
grün	4,84248	4,84142	3,63107	3,12350
hellgelb	5,23886	5,23732	3,92799	3,37891
orange	5,61963	5,61798	4,21349	3,62450
roth	5,86586	5,86414	4,3981	3,78331
Grenze d. roth	6,34628	6,34441	4,75831	4,09317

wobey für Glas das Brechungsverhältniſs $\frac{20}{31}$ angenommen ist.

Aus dieser sinnreich ausgedachten, obgleich allerdings kühnen Hypothese lassen sich die eigenthümlichen Farben der Körper und zahlreiche, dahin gehörige Phänomene allerdings erklären. Nicht ohne einigen Zusammenhang hiermit ist die Beobachtung von Biot, daſs die Farbenveränderungen organischer und unorganischer Körper als ein Durchlaufen der verschiedenen Farbenkreise anzusehen sind, z. B. der Lacmustinktur, wenn sie in verschlossenen Gefäſsen gelb geworden ist, und an der Luft durch roth der ersten Ordnung zum Blau der zweyten übergeht, oder beym mineralischen Chamäleon u. a. welches im Ganzen allerdings mit der Erfahrung übereinstimmt. Indeſs hat diese Hypothese noch keineswegs denjenigen Grad der mathematischen Evidenz, als die übrigen, auf den genauesten Messungen beruhenden optischen Lehrsätze, und muſs daher erst einer weiteren Prüfung unterworfen werden, obgleich

die zahlreichen Anwendungen, welche Biot IV. 88—233 zur Erklärung vieler optischer Phänomene davon macht, sehr gut unter einander übereinstimmen.

Ein vorzüglicher Gegner dieser Theorie und ihrer Begründung durch die Farbenerscheinungen in dünnen Lagen ist W. Herschel, welcher als hauptsächlichstes Argument entgegensetzt, dafs diese Farbenringe auch dann enstehen, wenn man eine Glasplatte auf einen Metallspiegel drückt, in welchem Falle überhaupt kein Durchgehen der Lichtstrahlen statt finde. Obgleich dieses Argument nicht unbedingt beweisend ist, indem gerade der Eintritt eines Accesses des leichteren Durchganges diesen allerdings auch im Spiegel bewirken könnte, obgleich ferner nach meinen Versuchen die auf einem Metallspiegel entstehenden Farben weniger lebhaft sind, und das Schwarz viel weniger dunkel ist; so verdienen doch seine Versuche sehr geschätzt und seine Einwürfe beobachtet zu werden. Nach Herschel entstehen die farbigen Kreise vielmehr durch die Beugung des Lichtes. S. G. XLVI. 22. Ueber Parrot's Theorie der Farbenkreise und die Prüfung derselben durch Brandes. S. dessen Grundrifs d. Phys. II. 209 ff. G. LI. 244. XLVII. 209. LIV. 317.

§. 132.

Um die vielen, zum Theil höchst räthselhaften, Erscheinungen der Zurückstrahlung, Durchlassung und Polarisation des Lichtes auf einfache Gesetze zurückzubringen, nimmt Biot an, dafs die unmefsbar feinen Elemente des Lichtes eine gleichmäfsige Rotation um ihren Schwerpunkt haben, und dafs der eine Pol dieser Rotationsaxe attractiv, der andere repulsiv auf die Oberflächen der verschiedenen Körper und die sie bildenden einzelnen Lagen wirken. Auch die Hauptcrystallisations-Axen der verschiedenen crystallisirten Körper müfsten hiernach eine solche zurückstossende oder anziehende Wirkung gegen die Axen der Lichtkügelchen und gegen ihre Pole äufsern.

Biot, welcher diese Hypothese aufgestellt hat und lebhaft verheidigt bringt sie in Verbindung mit der andern von den Anwandlungen der leichteren Zurückstrah-

lung und des leichteren Durchganges S. IV. 245. indem die Durchlassung des Lichtes sowohl, als auch die Zurückstrahlung durch die Intervalle dieser Anwandlungen, und die während eines Durchganges statt findende völlige oder theilweise Umdrehung um die Axe dieser Oscillation bedingt werden soll. Aus der bekannten Geschwindigkeit des Lichtes und mit Berücksichtigung, daſs sie für die farbigen Strahlen im Verhältniſs des Brechungssinus zum Sinus des Einfallswinkels gröſser wird, desgleichen aus dem Maſse der Dicke dünner Lagen, welche die einfachen Farben erzeugen S. §. 130 berechnet Biot IV. 400 die Dauer einer oscillatorischen Schwingung in Fraueneis für die violetten Strahlen $T = \frac{1''}{12945 R}$, wenn R den mittleren Halbmesser der Erdbahn bezeichnet; allerdings eine über alle Vorstellung kleine Zeit. Die Zeit der Bewegung durch gleich dicke Lagen ist für rothe Strahlen gröſser, und zwar, wenn sie T′ genannt wird; so ist $\frac{T}{T'} = 0{,}62892$.

Dringen die Lichtstrahlen in durchsichtige Körper bis zu einer gewissen Tiefe ein, so erhalten sie dadurch eine bestimmte Lage ihrer Axe, worauf die sogenannte feste Polarisation beruhet S. §. 123, in dünnen Blättern wird diese feste Lage aber nicht hervorgebracht, die oscillatorische Bewegung wird modificirt, und dauert fort, woraus die mobile oder wechselnde Polarisation entsteht. S. §. 124.

Indeſs bleibt auch dieses immer noch eine bloſs sinnreiche Hypothese, welche keineswegs alle die vielen Dunkelheiten der Lichterscheinungen aufzuhellen vermag. S. Biot IV. 516. G. XLVI. 1 ff. Vergl. La Place mém. sur les mouvemens de la lumière dans les milieux diaphanes in Mém. de l'Inst. X. 300.

10) Gefärbte Schatten.

§. 133.

Wird der an sich schwarze Schatten von schwachem Lichte erleuchtet, so wird er gefärbt. Vorzüglich gehört hierher die blaue Farbe, welche das schwache Tageslicht des Morgens und Abends dem Schatten eines Kerzenlichtes mit-

theilt, und umgekehrt die gelblich rothe, welche dem Schatten des schwachen Tageslichtes durch Kerzenlicht erheilt wird. Die Erklärungen dieser Phänomene sind bis jetzt noch eben so vielfach als ungenügend.

Bisher hat man vorzüglich nur die angegebenen auffallendsten Erscheinungen erklären wollen, aber wahrscheinlich werden diese erst durch genauere Untersuchung mehrerer ähnlicher besser erkannt werden können. Sehr interessant sind die Versuche Rumfords S. Gren II. 58, aus welchen im Allgemeinen hervorgeht, dafs allezeit ein blauer und ein gelber Schatten entsteht, wenn zwey sehr verschiedenartige Lichtquellen dieselben erzeugen, oder eine derselben durch gefärbtes Glas fällt. Wirklich liefert das Tagslicht und Kerzenlicht, wenn gleich ersteres durch die verschiedenfarbigsten seidenen Zeuge fällt, blaue und gelbe Schatten, welche um etwas ins röthliche und grünliche spielen, nach eigenen Versuchen. Die ziemlich allgemeine Erklärung, dafs die Bläue des Himmels die Ursache sey, S. Monge bey Gren II. 143, welche zuerst von Lionardo da Vinci aufgestellt ist, kann daher nicht angenommen werden, weil ohne Zweifel die Bläue des Himmels selbst unter die subjectiven Farben gehört, S. §. 134, und eben so wenig die von Paula Schrank gegebene, dafs die stärkere Beugung der blauen Strahlen die Färbung des Schattens verursache. S. Münchener Denkschriften 1811 u. 12. p. 293. desgl. 1813. p. 51. Eine hiergegen sehr sicher entscheidende, obwohl seltene Beobachtung ist folgende. Wenn im Sommer gegen Sonnenuntergang die gelbrothen Strahlen der Sonne schräg gegen die Wände westlich liegender Fenster fallen, so erhält man bey etwa 6—10 Fufs Entfernung vom Fenster auf weifsem, horizontal liegenden Papiere einen schwarzen Kernschatten und einen schönen blauen Halbschatten. Dieser wird durch die von den Wänden reflectirten, seitwärts vom Auge schwach wahrgenommenen gelbrothen Strahlen als complementäre Farbe erzeugt, und fällt weg, wenn man ihnen den Rücken völlig zuwendet. Am nächsten kommt die mit vielen interessanten Versuchen und Bemerkungen verbundene Erklärung des Pietro Petrini, welche im Wesentlichen darauf hinausläuft. Wenn unser Auge zwey Lichtmassen A u. B zugleich wahrnimmt, und in A ein farbiger Bestandtheil mit gröfserer Intensität wirkt, als in B; so

verschwindet in eben dem Maſse der Lichteindruck von B, und bleibt davon nur das Entgegengesetzte übrig. Als Beyspiel wird angeführt, daſs der Schatten eines Würfels auf weiſsem Papiere, wenn man das Licht von rothem Papiere auf den Apparat fallen läſst, grün wird. S. mem. di math. e di fisica della Soc. It. XIII. p. 11. Nach eigenen Versuchen ist auch dieser Schatten nur grünlich blau, und es scheint überhaupt nicht genug berücksichtigt, daſs allezeit die complementären Farben hervorkommen, indem der eine Schatten so viel mehr ins grünliche spielt, jemehr der andere ins rothe übergeht. Nach Rumford a. a. O. ist das Ganze subjectiv, indem die Farbe ganz wegfällt, wenn man die Schatten durch ein langes schwarzes Rohr betrachtet, welche letztere Beobachtung mit meinen Erfahrungen nicht übereinstimmt. Indeſs ist es sehr wahrscheinlich, daſs die Erscheinung, wo nicht ganz, doch gröſstentheils subjectiv ist. Einen sehr schönen und stets, auch durch ein langes schwarzes Rohr kenntlichen grünen Schatten erhält man, wenn von zwey Lichtquellen das Licht der einen durch eine nahe davor gehaltene dunkelrothe Glasscheibe fällt. Dagegen liefert eine stark dunkelgrüne Scheibe einen rothen Schatten.

Zur Lit. s. Gehler. Vergl. Grotthuſs bey Schweigg. III. 148.

11) Subjective Farben.

§. 134.

Oft entstehen Farbenerscheinungen durch den starken oder anhaltenden Lichtreiz anderer Farben. Sie sind von Büffon und vorzüglich von Darwin beobachtet, ohne daſs man bis jetzt die eigentliche Ursache derselben genau anzugeben vermögte.

Erscheinungen dieser Art entstehen auf sehr mannigfache Weise, z. B. durch äuſsern mechanischen Druck gegen das Auge, durch Congestionen des Blutes, oder durch krankhaften Zustand des Nerven. Am gemeinsten und bekanntesten sind die Farbenbilder nach starkem Lichtreize, z. B. nach dem Anblicke der Sonne oder stark beleuchteter Gegenstände. Betrachtet man, den Rücken gegen die hochstehende Sonne gerichtet, far-

bige Zeuge auf weifsem Papiere liegend etwa eine Minute genau, und läfst sie dann herabfallen, so steht auf dem Papiere ein gleichgrofses Bild von einer andern, u. z. höchst wahrscheinlich stets der complementären Farbe. Die Ursache hiervon wird nicht eher anzugeben seyn, bis überhaupt die Gesetze der Wahrnehmung des Lichtes, der Farben und der Bilder durch das Organ des Auges mehr aufgeklärt sind.

Vorzugsweise gehört die blaue Farbe unter die subjectiven, welche meistens da hervortritt, wo Lichtquellen von verschiedener Intensität auf das Auge wirken, S. §. 145, indem diese, als dem schwächeren Licht-Eindrucke zugehörend, leichter hervorgerufen wird. Eben daher giebt das Sonnenlicht, wenn man dasselbe durch verschiedenfarbige Zeuge fallen läfst, neben Kerzenlicht meistens blauen Schatten S. §. 133. Unter die subjectiven Farben gehört ohne Zweifel auch die Bläue des Himmels, denn dafs man annimmt, sie sey, wie manche Glasarten schwach grün gefärbt sind, und daher auf dem Rande diese Farbe durch die dünnere Fläche aber weifs zeigen, gleichfalls schwach blau tingirt, steht mit der Erfahrung im Widerspruche, dafs sie das weifse Licht ungefärbt durchläfst, und auch selbst bey der Beobachtung sehr fern und im Horizonte liegender Gegenstände keine Färbung derselben zeigt. Will man aber annehmen, dafs sie weifses Licht durchlasse und blaues zurückstrahle; so würde sie einzig in Rücksicht dieses Verhaltens seyn, indem es zwar Substanzen giebt, welche zwey verschiedene Farben durchlassen und zurückstrahlen S. §. 119, aber keine, welche weifses Licht durchläfst, und gefärbtes zurückstrahlt. Aufserdem aber müfste sie dann nach der Analogie mit anderen Substanzen bey der Tiefe ihrer Tingirung, deren Wechsel gleichfalls gegen diese Ansicht beweiset, ihre Farbe auf andere Körper reflectiren, und auch diesen einen bläulichen Schein geben, wovon keine Spur vorhanden ist.

Unter die subjectiven Farben gehören auch diejenigen, welche man wahrnimmt, wenn die beyden Flächen einer wenigstens eine bis zwey Linien dicken, schwach gefärbten Glasscheibe doppelte Bilder eines darin gespiegelten weifsen Stabes zeigen, denn auch hierbey kommen nach meinen Beobachtungen allezeit die complementären Farben zum Vorschein. S. §. 101.

Sehr wichtig, und zur Vermeidung falscher Ansichten vorzüglich dienend ist die von mir oft beachtete Erscheinung, dafs die Erzeugung der complementären sub-

jectiven Farbe durchaus nicht psychisch, sondern rein physiologisch ist. Wenn man den Versuch mit einem Auge anstellt, und das andere verschlossen hält, so wird bey dem wechselseitigen Eröffnen des einen und des andern Auges die subjective Farbe blofs durch dasjenige wahrgenommen werden, welches durch den Eindruck des Lichtes gereizt ist. Auch bey schwächeren Farben- und Licht-Eindrücken zeigt sich dieses. Wenn man vor den ersten Spiegel der Lichtpolarisirungsmaschine eine farbige Glasscheibe hält (am besten eine dunkelgrüne), und bey günstiger, hinreichend starker Erleuchtung etwas anhaltend das dadurch gefärbte Feld mit einem Auge betrachtet, dann die Scheibe schnell wegnimmt, so erscheint dasselbe in der complementären Farbe (bey grün als roth). Betrachtet man hierauf das Feld bald mit dem einen, bald mit dem andern Auge, so wird blofs dasjenige, welches den Eindruck der ersteren Farbe erhalten hat, auch die complementäre annehmen. Hiermit fällt also die Erklärung, welche H. van Breda über die Erscheinung der subjectiven Farben aufgestellt hat, weg. S. G. LIV. 321.

Zur Literatur S. Gehler. Vergl. Darwin's Zoonomie übers. von Brandis. Th. I. Grosse Magaz. für die Naturgeschichte des Menschen II. St. 1. Büffon sur les couleurs accidentelles in Mém. de l'acad. des sc. 1743. p. 147. Prieur in Ann. de chim. LIV. 1. Am reichaltigsten, und sehr viele Literatur enthaltend ist Grotthufs bey Schweigger. III. 148.

12) Anwendungen auf optische Werkzeuge.

a) Der optische Kasten.

§. 135.

Fällt das Licht von einem horizontal liegenden Bilde gegen einen ebenen Spiegel, welcher um 45° gegen den Horizont geneigt ist; so scheint das Bild aufrecht hinter dem Spiegel zu stehen §. 103. Wird dasselbe dann durch eine convexe Linse weiter entfernt und zugleich vergröfsert, §. 116 und fig. 54; so giebt dieses eine sehr bekannte optische Täuschung. Der Apparat, welcher meistens in einem Kasten befindlich ist, wird

hiernach der optische oder Perspectiv-Kasten genannt.

Die angegebene allgemeine Einrichtung der optischen Kasten erleidet unwesentliche Abänderungen durch die Art der Beleuchtung, Güte des Spiegels, Reinheit und Brennweite der Linse, Schönheit und richtige Projection der Bilder nebst der Klarheit ihrer Farben u. s. w. S. Muschenbroeck Int. II. 1989.

b) Camera obscura u. clara.

§. 136.

Die Erzeugung der Bilder durch das Einfallen des Lichtes in ein dunkeles Zimmer wurde in der Mitte des 16ten Jahrhunderts durch J. Baptista Porta in Neapel entdeckt und zu allerhand Belustigungen benutzt. Späterhin nahm man statt der Zimmer nur dunkele Kasten, und vereinigte die einfallenden Lichtstrahlen mehr durch eine biconvexe Linse. Meistens läſst man die Bilder zum bequemen Zeichnen durch einen Spiegel auf das untergelegte Papier reflectirt werden; Reinthaler aber machte die Veränderung, daſs das Bild nach oben auf eine mattgeschliffene Glastafel fällt, und nannte dieses camera clara.

Die allgemeine Construction der camera obscura zeigt fig. 70. Aus derselben läſst sich abstrahiren, warum das Bild verkehrt steht, und bey gröſserer Entfernung des Objectes kleiner, bey gröſserer Entfernung der Wand gröſser und zugleich undeutlicher wird. Eine gröſsere Oeffnung würde mehrere Bilder über einander werfen, und daher kann eine sehr groſse nur weiſses Licht geben. In fig. 71 sieht man den Gang der Lichtstrahlen bey der camera obscura portabilis, und in fig. 72 die Erzeugung der Bilder durch die camera clara. S. J. B. Portae magia naturalis sive de miraculis rerum naturalium. Amst. 1664.

c) Das Auge.

§. 137.

Das feinste, künstlichste und vollendetste optische Werkzeug ist das Auge, welches bey allen warmblütigen Thieren bis auf unbedeutende Abänderungen gleich ist. Es besteht aus verschiedenen Häuten und Flüfsigkeiten, ist durch mehrere Muskeln in der Augenhöhle beweglich, und gegen äufsere Verletzungen durch die Umgebung der Knochen möglichst gesichert.

Einen verticalen Querschnitt des Auges stellt fig. 73 dar. Man unterscheidet daran die tunica sclerotica a. a. a. a. welche vorn etwas erhaben und durchsichtig wird, und cornea, α. α. heifst. Innerhalb liegt b. b. die Aderhaut, choroidea, welche inwendig schwarz ist, um die Reflection im Innern des Auges aufzuheben. Hieran schliefst sich die inwendig gleichfalls schwarze Traubenhaut, uvea. Die vordere verschiedenfarbige Seite derselben, iris, hat in der Mitte eine veränderliche Oeffnung, der Stern, pupilla genannt. Hinter ihr liegt die Linse, welche vorn weniger convex ist, und nicht sowohl mit einer eigentlichen, der sogenannten crystallenen Flüfsigkeit, als vielmehr mit sehr feinen, höchst weichen Lamellen, und zwischenliegender gallertartiger Feuchtigkeit angefüllt ist. S. Reil in Gren J. VIII. 325. Sie hängt in einem Ringe aus Fibern, welche man processus ciliares genannt hat. Bey N tritt der Sehnerv ein, welcher sich über die sehr feine innerste Haut, retina, überall ausbreitet. Der übrige Raum des Auges ist erfüllt, vorn mit der wäfsrigen, dann der morganischen, und hinten mit der gläsernen Feuchtigkeit.

Genauere Beschreibungen enthalten S. T. Sömmering Abbild. d. menschl. Auges Fr. 1801. Magendie précis élémentaire de physiologie T. I. S. 54.

W. Sömmering de ocul. hom. animal. sect. horizont. Gött. 1818. fol.

§. 138.

Die Erzeugung der Bilder im Auge ist derjenigen sehr gleich, welche in der camera obscura statt findet. Vorzüglich wichtig ist hierbey die

Wirkung der Linse, welche gröfstentheils den Zustand der Weitsichtigkeit oder Kurzsichtigkeit bedingt, oder, wenn sie ganz fehlt, durch die sogenannte Staarbrille ersetzt werden mufs.

Im Innern des Auges auf der retina wird nach den §. 116 fig. 52 angegebenen Gesetzen ein Bild erzeugt, wie sowohl theoretisch folgt, als auch von Magendie durch Beobachtung an Augen der weifsen Caninchen und Kakerlacken direct erwiesen ist. Die hierbey unvermeidlichen Fehler, die Abweichung wegen der Kugelgestalt und Farbenzerstreuung werden aufgehoben, erstere dadurch, dafs die Pupille nur die nahe bey der Axe einfallenden Strahlen durchläfst, dafs die retina dem Bilde eine krumme Fläche darbietet und wahrscheinlich durch die eigenthümliche Krümmung der Linse S. Mollweide bey G. XXX. 220; die zweyte durch die farbenzerstreuende Kraft der verschiedenen Flüfsigkeiten.

Aus der Wirkung der Linsengläser folgt, dafs eine gewisse Entfernung des Objectes zur Erzeugung des Bildes erforderlich ist. Beym Auge beträgt diese 8 bis 12 Zoll, und heifst distantia visionis distinctae. Das gesunde Auge hat aufserdem die Fähigkeit, entfernte und nahe Gegenstände deutlich zu sehen, welches nur durch eine bis jetzt nicht nachzuweisende, aus der dazu erforderlichen Anstrengung aber völlig erwiesenen Veränderung im Auge geschehen kann. S. Olbers de oculi mutationibus internis. Gött. 1780. 4. Dafs das Auge diese Fertigkeit wirklich besitze, und zwar sich selbst für entfernte Gegenstände zu verändern, davon kann man sich überzeugen, wenn man einen dünnen weifsen Faden in der gehörigen Gesichtsweite mit einem Auge angestrengt beobachtet, in welchem Falle der Faden abwechselnd ein breiteres und undeutlicheres, mithin ein einem entfernteren Gegenstande zugehöriges Bild giebt. Die Fehler des Auges sind Kurzsichtigkeit, welche darin besteht, dafs wegen zu grofser Convexität des Auges oder blofs der Linse, oder deren zu weiten Abstand von der retina das optische Bild vor die Netzhaut fällt, und daher gar kein Bild auf derselben physiologisch erzeugt, oder nur ein undeutliches. Sie ist entweder angeborene Abnormität, oder entsteht durch Gewohnheit, d. h. durch anhaltende Beobachtung kleiner und naher Gegenstände. Der Fehler wird aufgehoben durch Uebung und compensirt durch Hohlgläser, welche das Bild entfernter Gegenstände nahe bringen. §. 116. fig. 58. Die Wirkung des

Glases zeigt fig. 75. Ein anderer Fehler ist Weitsichtigkeit, wenn das Bild hinter die retina fällt. Er ist vielleicht nie ursprünglich, noch durch Gewohnheit erzeugt, aufser bey denen, welche von früher Kindheit an bey der Verfertigung sehr feiner Arbeiten durch vergröfsernde Brillen sehen, sondern er entsteht durch zu grofse Abplattung des Auges, als Folge des Alters, weswegen niemand ohne besondere Ursachen kurzsichtig wird. Nach §. 116 fig. 54 wird der Fehler durch convexe Gläser corrigirt, wie fig. 74 erläutert.

Adams Kunstauge.

Das Sehen durch Gläser und überhaupt durch optische Werkzeuge schmerzt wegen der Anstrengung, als Folge der Ungewohnheit. Die Brennweite der Brillen $f = \frac{d\delta}{d - \delta}$, wenn d die Entfernung, worin das abnorme Auge deutlich sieht, und δ die distantia visionis distinctae bezeichnet. Man darf daher einem geschickten Künstler blofs die erste Gröfse angeben, obgleich die nach der Formel geschliffenen Gläser zu scharf werden. Nur ein abnormes, nicht ein schwaches Auge erhält Hülfe durch compensirende Gläser, mithin giebt es keine eigentliche Conservationsbrillen, in dem Sinne, welchen die gewöhnlichen Händler dem Worte beylegen, und wenn man diesen Ausdruck für Brillen mit langen Brennweiten gebraucht, so ist er auch dann nicht passend. Lesegläser und der Gebrauch eines einzelnen Glases für ein Auge sind aus leicht begreiflichen Gründen schädlich, auch verwirft Adams die grünen Brillen, und die mit Blendungen versehenen. S. Adams Anweisung zur Erhaltung d. Gesichts üb. v. Kries. Gotha 1794. 8. Weniger gründlich ist: Anleitung zur Erhaltung d. Gesichts bis ins späteste Alter u. s. w. von J. C. Winkler. Leipz. 1812.

Wollastons periscopische Brillen.

§. 139.

So gewifs wir auch die Erzeugung der Bilder auf der Retina wissen, so schwer ist es über die Art zu entscheiden, auf welche diese Bilder an sich und hinsichtlich der Farben empfunden werden. Selbst die Stärke des vorhandenen Lichtes kann durch unser Auge nur durch Vergleichung gemessen werden, und es ist eben so wenig aus-

gemacht, ob gar kein Licht vorhanden ist, wenn das Auge keins wahrnimmt, als auch ob nicht andere Nerven, außer dem des Gesichtes, durch den Lichtreiz afficirt werden können. S. §. 95.

Die Entscheidung der Frage über die Afficirung der Nerven des Auges und Fortpflanzung des Eindrucks zur Erzeugung einer Empfindung gehört in die Physiologie und Psychologie. Den Eindruck der Farben will Euler aus den verschiedenartigen Schwingungen des Lichtäthers erklären; andere führen ihn auf die chemischen Wirkungen des Lichtes zurück. Die erstere Erklärung ist weniger auf die Entstehung der subjectiven Farben S. §. 134 anwendbar, als die letztere. Der Sache genügend und hinlänglich erwiesen ist keine. Nach Westfeld S. Erzeugung d. Farben. Gött. 1767. 8. liegt die Ursache in der verschiedenen Erwärmung. Diese, so wie der chemische Einfluſs scheinen allerdings gemeinschaftlich die Wirkung hervorzubringen.

Die Stärke des Lichtes bestimmen wir bloſs durch Vergleichung, indem dieselbe nicht unmittelbar gemessen werden kann. Das Auge vermag nämlich bey mehr und weniger Lichte zu sehen, theils weil die Receptivität desselben der Intensität des Lichtes umgekehrt proportional ist, theils weil durch Zusammenziehung oder Erweiterung der Pupille bald weniger, bald mehr Licht ins Auge gelangt. Die Pupillen mancher Thiere, welche vorzüglich des Nachts gut sehen, erhalten dann eine beträchtliche Erweiterung, und haben zum Theil bey Tage eine länglichte schmale Oeffnung. Die äuſsersten Grenzen, wobey ein gesundes Auge lesen kann, das Licht des Vollmondes und der Mittagssonne stehen im Verhältnisse von 1 : 300000. Vergl. Rumford in Mem. de l'Inst. VIII. 224. Mehrere Thiere, als die Fische in der Tiefe des Meeres und die Raubthiere, welche bey Nacht ihre Beute suchen, bedürfen sehr wenig Licht zum Sehen. Ueber Nyctalopie und die durch Congestionen oder krankhaften Nervenreitz erzeugten Licht Erscheinungen S. die Werke über Physiologie und Pathologie. Ueber die Abweichungen der thierischen Augen von dem menschlichen S. Cüvier leçons d'anat. comp. Blumenbach vergleichende Anatomie. 383. Crampton bey G. XLIX. 278. u. a.

§. 140.

Die Bestimmungen der Entfernung, Gröfse und Lage der gesehenen Gegenstände beruhen nicht sowohl auf unmittelbaren Eindrücken des Lichtes, als vielmehr gröfstentheils auf Urtheilen unserer Seele, ohne welche es nicht möglich seyn würde, perspectivisch zu zeichnen oder die verschiedenen Objecte durch Gemälde darzustellen. Hieraus erklären sich dann auch die vielerley optischen Täuschungen.

Die Convergenz der beyden Linien, welche wir von den äufsersten Grenzen eines gesehenen Objectes im Auge vereinigt denken können, heifst der optische Winkel. Er ist vorzüglich untersucht von Barrow S. Fischer Gesch. d. Phys. IV. 701. und bestimmt die scheinbare Gröfse der Gegenstände. Wird der optische Winkel im Mittel kleiner als 40″; so kann der selbstleuchtende Gegenstand nur noch einen Lichtreiz, der erleuchtete aber kein Bild mehr hervorbringen, und verschwindet daher. Hierbey kommt vieles auf die Gesichtsschärfe, die Erleuchtung der Gegenstände und die Durchsichtigkeit des Mittels an. Für einen schwarzen Fleck auf sehr weissem Papiere fand T. Mayer denselben = 34″ S. comm. Gott. IV. 97. Bugge unter günstigsten Umständen = 41″ — 52″, unter ungünstigen = 2′. S. Anleit. zum Feldmessen. Alt. 1807. 8.

Sehen wir ein Object, so schneiden sich die verlängerten Axen beyder Augen in demselben, und die diesen Vereinigungspunkt schneidende senkrechte Ebene heifst Horopter. Indem aber das Object von beyden Augen zugleich in diesen nämlichen Durchschnittspunkt gesetzt wird, mithin beyde Bilder den nämlichen Ort einnehmen, können wir nur ein Object wahrnehmen, obwohl in jedes Auge ein besonderes Bild fällt. Gegenstände, welche hinter oder vor dem Horopter liegen, müssen daher doppelt erscheinen, bis auf diejenige Entfernung, in welcher der Winkel der Augenaxen verschwindend klein wird. Zum Beweise dient der Versuch, wenn man in nicht grofser Entfernung vom Auge zwey schmale hinter einander liegende Gegenstände abwechselnd betrachtet. Hieraus folgt schon, dafs man mit jedem Auge ein verschiedenes Bild wahrnimmt, aber man kann sich hiervon noch näher überzeugen, wenn man mit beyden

Augen einen entfernten Gegenstand fixirt, und einen undurchsichtigen Gegenstand schnell vor einem Auge hin und her bewegt, oder abwechselnd ein Auge um das andere verschliefst. Dafs man den Gegenstand nur einfach und nicht verkehrt sieht, ist erlernt, und letzteres wegen der verhältnifsmäfsigen Lage der Objecte zu einander nothwendig. Die Axen abnormer Augen schneiden sich nicht im Objecte, daher das künstliche und natürliche Schielen und das Doppeltsehen. S. Vieth bey G. LVIII. 233. Drückt man den einen Augapfel zur Seite; so entsteht ein zweytes Bild, welches aber bald allmälig verschwindet. Vom vierfachen Sehen existiren sehr seltene oder gar keine Beyspiele. Die Entfernung naher Gegenstände wird durch den optischen Winkel, imgleichen durch den parallactischen Winkel der Augenaxen gemessen, und die Bestimmung der Gröfse ist gleichfalls erlernt. Ueber Entfernung und Gröfse weiter entlegener Gegenstände urtheilen wir aus dem Verhältnisse beyder in Verbindung mit der Stärke ihrer Erleuchtung, mit einer gröfseren oder geringeren, gleichfalls durch Uebung erlangten Fertigkeit. Dieses geht unleugbar aus den Beobachtungen hervor, welche man an Blindgebornen und nachher Operirten gemacht hat. S. Cheselden in phil. trans. XXXV. 447. und Lichtenb. Mag. IV. 21.

Augenmafs; Perspective; optische Täuschungen; z. B. der Sonne und des Mondes beym Auf- und Untergange, der Berge im Nebel u. s. w. Vergl. Lambert in Hindenburgs Archiv der reinen u. angewandten Math. Hft. 9.

d) Fernrohr.

§. 141.

Die Fernrohre wurden im Anfange des 17ten Jahrhunderts in Holland wahrscheinlich durch Zufall erfunden. Man unterscheidet unter den älteren das holländische oder Galileische, das Keplersche Sternrohr und das Erdrohr des Pater de Rheita.

Ueb. d. Geschichte dieser Erfindung S. Gehler. Vergl. Fischer Gesch. I. 179. Galilei ist nicht Erfinder zu nennen, weil nach der ersten Bekanntwerdung die möglichen Combinationen der damals bekannten Linsengläser leicht von ihm wiederholt werden konnten.

Die Construction des galileischen, holländischen oder sogenannten Taschenperspectivs giebt fig. 76, woraus hervorgeht, dafs die Gläser im Mittel so vereinigt werden müssen, dafs ihre beyden Brennpunkte in eins fallen. Aus §. 116 folgt ferner, dafs ihre Vergröfserung dem Quotienten der Brennweite des Ocularglases in die des Objectivglases gleich ist. Empirisch kann dieselbe bestimmt werden, wenn man mit einem Auge durch dasselbe und mit dem andern frey den nämlichen Gegenstand betrachtet, und die Gröfse beyder Bilder mit einander vergleicht. Für Kurzsichtige mufs sie geringer werden, soweit ihnen das Ocularglas zugleich als Lorgnette dient.

Das sogenannte Keplersche Sternrohr wird durch fig. 77 erläutert, auch kann man zur Versinnlichung annehmen, dafs das durch LL im Brennpunkte entstehende Bild $\alpha\alpha$ durch die Loupe ll gesehen wird. Daraus geht zugleich hervor Vergl. §. 135, warum man bey entfernteren Gegenständen und für Kurzsichtige das Ocularglas dem Objectivglase mehr nähern mufs. Damit die Zusammenbeugung der Lichtstrahlen nicht zu stark geschehe, nimmt man meistens ein aus zwey Linsen bestehendes Ocular.

Nachtfernrohr. Cometensucher.

Um das Bild gerade zu sehen, schlug Kepler drey Oculare anzuwenden vor, der P. de Rheita aber gab ein verbessertes Erdrohr mit vier Ocularen an. Nach den englischen Künstlern gebraucht man jetzt allgemein solche Oculare fig. 78, welche zugleich ein zusammengesetztes Microscop bilden.

Beym Sternrohre verhält sich das Gesichtsfeld directe wie die Breite des Objectivs und verkehrt wie die Länge des Rohres, die Lichtstärke wie die Gröfse des Objectivs dividirt durch die Vergröfserung, diese letztere wie die Brennweite des Objectivs zur Brennweite des Oculars.

§. 142.

Alle diese älteren Fernrohre gaben sehr undeutliche Bilder als Folge der Abweichung wegen der Kugelgestalt S. §. 116 und der Farbenzerstreuung S. §. 117. Indem nun Newton richtig einsah, dafs der erstere Fehler viel leichter durch die parabolische Form der Hohlspiegel aufgeho-

ben werden könne, letzterer aber bey diesen gar nicht statt finde, so veranlaſste er die Einführung der nach ihm benannten Spiegelteleskope. Sie sind später ungemein verbessert durch W. Herschel und schon früher in wenig veränderter Form durch Gregory und Cassegrain angegeben.

Die ersten Vorschläge zu Spiegelteleskopen that Mersenne, und Newton glaubte hierdurch die beyden Fehler dioptrischer Fernrohre aufheben zu können. Er wollte Glasspiegel nehmen, und statt des planen Fangspiegels ein reflectirendes Prisma. Schon früher schlug Gregory vor, den groſsen Spiegel zu durchbohren, das Bild in einem zweyten Hohlspiegel aufzufangen. Cassegrain schlug einen convexen Fangspiegel vor, welcher das Werkzeug um die Hälfte kürzer macht. Hook realisirte 1674 die Angabe Gregory's und Hadley die Newtonsche 1723.

Unter den angegebenen Teleskopen bleibt das Newtonsche immer das beste, weil die nahe bey der Axe einfallenden Strahlen nicht wegfallen. Fig. 79 erläutert die Construction desselben. Herschel und Schroeter haben den Fangspiegel weggenommen, und richten durch die schräge Lage des groſsen Spiegels die Strahlen des Bildes unmittelbar in das Auge des Beobachters, welches aber nur bey groſsen Instrumenten möglich ist. Weil man seitwärts in denselben sieht, so wird parallel mit der Axe des Rohres ein Sucher angebracht. Die Construction des Gregorischen, jetzt sehr gemeinen Teleskop's erläutert fig. 80 und des Cassegrainschen fig. 81. Vielleicht wäre es vortheilhaft, bey beyden den Hauptspiegel nicht zu durchbohren, sondern ihn schräg zu richten, und den Fangspiegel nebst den Ocularen seitwärts anzubringen.

Ueber Herschels groſses Teleskop, die beste Composition zu Spiegeln, das Centriren und die Geschichte der Erfindung S. Gehler. Vergl Beschreibung des 40füssigen Teleskops von W. Herschel, übers. von Geisler, Leipz. 1799. Vergl. Gren n. J. III. 468. La Lande Astron. II. 635. Ueber die Verfertigung der Metallspiegel zu Teleskopen S. Mudge in phil. trans. LXVII. 1. Edwards bey G. XII. 167. Schroeter Beyträge zu den neuest. astron. Entdeckungen. Berlin 1788. 154 ff. Vergl. §. 101.

Den Fehler der Abweichung wegen der Sphäricität sucht man durch parabolisch gekrümmte Spiegel zu ver-

meiden, welche aber schwer zu verfertigen sind. Herschel's und Schröter's Bemühungen hierum S. Voigt's Mag. V. 72.

§. 143.

Um die beyden angezeigten Fehler dioptrischer Fernröhre zu verbessern verfertigte man ehemals Objective von unglaublich langen Brennweiten, wodurch zwar der erste fast gänzlich, der zweyte aber nur unbedeutend aufgehoben wurde, so dafs der Blendungen ungeachtet eine merkliche Undeutlichkeit der Bilder zurückblieb. Euler, Klingenstierna und Dollond folgerten aus der Farbenlosigkeit der Bilder im Auge, dafs die Vereinigung mehrerer brechender Substanzen die Farbenzerstreuung aufheben müsse, und der letztere brachte nach vielen Versuchen achromatische Objective zu Stande, welche von seinem Sohne ungemein verbessert wurden. Alle Künstler machten dieselben nachher empirisch, bis in den neuesten Zeiten auch die theoretischen Untersuchungen genügende Resultate gaben. Durch aplanatische Gläser den nämlichen Zweck zu erreichen ist wegen des Einflusses der Temperatur auf die lichtbrechende Kraft der Flüfsigkeiten unmöglich.

Die Undeutlichkeit der Bilder, welche durch die Abweichung wegen der Kugelgestalt entsteht, läfst sich durch fig. 49 erläutern, wenn man annimmt, dafs in derselben von den vielen ins Auge fallenden Lichtstrahlen, deren einige in der Art, wie sie sich zum Bilde vereinigen, in fig. 52 gezeichnet sind, m m einen nahe bey der Axe, und n n einen weiter von derselben einfallenden bezeichnen; diejenige dagegen, welche durch Farbenzerstreuung entsteht, wird durch fig. 82 und 83. erläutert, wenn aus fig. 54 blofs die beyden äufsersten, zum Bilde im Auge sich vereinigenden Lichtstrahlen dargestellt werden.

In genauerer Zahlenbestimmung die Sache dargestellt folgerte Newton aus seinen Versuchen, dafs die

Sinusse der mittleren Brechung aus Luft in Glas und der äufsersten Grenzen der Farbenzerstreuung in den kleinsten Zahlen durch 50, 77 u. 78 dargestellt werden können. Wenn hierbey die Sinusse den Winkeln selbst gleichgenommen werden; so folgt, dafs der Abstand der Brennweiten der äufsersten und innersten farbigen Strahlen $\frac{1}{27.5}$ der mittleren Brennweite beträgt. Diesemnach steht das violette und rothe Bild jedes $\frac{1}{55}$stel der Brennweite von dem mittleren grünen Bilde ab. Berechnet man die Abweichung wegen der Kugelgestalt nach der Newtonschen Formel $= \frac{n^2 s^3}{D^2}$, worin n das Brechungsverhältnifs $= \frac{3}{2}$, s den Halbmesser der Oeffnung des Objectivs, D den Durchmesser der Krümmung eines planconvexen Glases bezeichnet; so findet man, dafs jener Fehler diesen letzteren leicht zehn- und mehrfach übersteigt, weswegen jetzt zehnfach kürzere Fernrohre die nämlichen Dienste als die älteren leisten. Schmidt Natl. 407.

Die Unbequemlichkeit der zu langen Fernrohre veranlafste die sogenannten Luftperspective.

Den Vorschlag, die Fehler der Objective durch Zusammensetzung derselben aus Glas und Wasser zu corrigiren, that Newton, und versuchte die Ausführung ohne Erfolg. Euler S. Mem. de Berl. 1747. zeigte theoretisch die Ausführbarkeit desselben, allein John Dollond S. phil. trans. L. part. II. p. 733. verwarf seine Ansichten, bis Klingenstierna S. Schwed. Abh. d. Ueb. XVI. 300. dessen tentamina de definiendis et corrig. aberrationibus lum. cet. Petrop. 1762. 4., ihn überzeugte, und eigene Versuche die Sache bestätigten, wobey Newtons Satz, dafs die Farbenzerstreuungen sich allezeit wie die Brechungen verhalten müfsten, falsch befunden wurde. Dollond versuchte dann aus dem stärker brechenden Kronglas und dem stärker zerstreuenden Flintgas achromatische Prismen mit entgegengesetzten brechenden Winkeln zu verfertigen, welches ihm gelang, worauf er selbst und vorzüglich sein Sohn Peter Dollond achromatische Objective aus zwey oder drey Gläsern verfertigte. S. Bode astron. Jahrb. für 1797. p. 158 u. für 1800. p. 166. Die Brechungskraft des Flintglases und Kronglases verhält sich im Allgemeinen wie 53 : 58, und ein aus zwey Prismen aus beyden Glasarten mit entgegengesetzten Brechungswinkeln von 19° und 30° geben ein achromatisches

Prisma von der Brechung eines einfachen Prisma von 11°. Die Anwendung hiervon auf achromatische Objective läfst sich leicht machen. Wegen der nicht stets gleichen Brechungs- und Zestreuungskraft der angewandten Glassorten werden dieselben als Prismen vorher versucht, und die erforderlichen Verhältnisse der verschiedenen Theile einer achromatischen Linse meistens durch Probiren gefunden S. G. XXXIV. 258. Ein hierzu taugliches Werkzeug, dessen sich Cücboix bedient, nebst theoretischen Untersuchungen zur Bestimmung des Achromatismus S. Biot III. 477. Neuere Vorschläge zur Erreichung völlig farbenloser Objective sind von Klügel S. G. a. a. O. 265. von Bohnenberger in Tüb. Blättern; von Gaufs S. G. LIX. 188. von Brewster bey G. L. 301. von Frauenhofer S. G. LVI. 264 u. andern. Durch die Anwendung stark zerstreuender Flüfsigkeiten farbenlose oder sogenannte aplanatische Objective zu erhalten, wie unter andern Blair versuchte S. G. VI. 129. ist deswegen unmöglich, weil die Brechung derselben durch die Temperatur so ausnehmend verändert wird. S. Frauenhofer a. a. O. 277. Eine Zusammenstellung der lichtbrechenden und farbenzerstreuenden Kraft verschiedener Substanzen als Grundlage zur Verfertigung achromatischer Objective S. Tab. 3 u. 4.

c) Microskop.

§. 144.

Indem die erhabenen Linsengläser die Convergenz der Lichtstrahlen vermehren, müssen sie die Gröfsen der Bilder verändern, wobey die Entfernung der Objecte und des Auges vom Glase vorzüglich zu berücksichtigen ist. §. 117. Bedient man sich diesemnach einer convexen Linse, damit das Object dem Auge mehr genähert werde; so erhält man ein einfaches Microskop, dessen Vergröfserung dem Verhältnifs der Gesichtsweite zur Näherung direct proportional ist. Wenn man aber das Bild einer solchen Linse durch zwey oder mehrere andere Linsen auffängt; so wird durch ein solches zusammengesetztes Microskop in Hinsicht der Bequemlichkeit, des Gesichtsfel-

des und der Vergröſserung ausnehmend viel gewonnen.

Wird der Gesichtswinkel eines Objectes zu klein §. 138; so kann kein Bild desselben im Auge entstehen. Es könnte derselbe vergröſsert werden, wenn man den Gegenstand dem Auge mehr näherte, allein dann kann, vermöge der Wirkung durch Linsengläser §. 116, gleichfalls kein Bild desselben erzeugt werden. Letzteres ist möglich, wenn man eine convexe Linse zwischen Object und Auge bringt, so daſs beyde demselben bis zur halben Brennweite genähert sind. Hierdurch wird zugleich das Bild um so viel vergröſsert, als der Gegenstand dem Auge näher gebracht ist, d. h. um den Quotienten der distantia visionis distinctae, dividirt durch die Focallänge des Glases. Ist die letztere = 1 Zoll oder drüber; so nennt man die Gläser Loupen, ist sie geringer, so werden sie einfache Microskope genannt. Leeuwenhoek's Microskope waren solche Linsen; Hartsoeker nahm Glaskügelchen, Gray bloſse Wassertropfen. Selbst eine kleine Oeffnung in einer Charte giebt eine Vergröſserung des Objectes.

Die Wirkung des Microskops aus zwey Gläsern erläutert fig. 84, wonach das verkehrte Bild der Objectivlinse durch das als einfache Loupe wirkende Ocularglas besehen wird. Beyder Abstand wird durch die Gesichtsweite des Beobachters bestimmt, die Vergröſserung aber durch die Schwierigkeit, genaue Linsen von so kurzen Brennweiten zu erhalten, und durch das geringe Gesichtsfeld des Ocularglases beschränkt. Besser sind daher die Microskope mit drey Gläsern, deren Construction fig. 85 angiebt. Die Vergröſserung, welche diese Werkzeuge geben, läſst sich durch Rechnung, leichter noch wohl durch Messung finden, indem man das wirkliche Object mit seinem vergröſserten Bilde vergleicht.

Ueber die Microskope mit vier und mehreren Gläsern, die Spiegelmicroskope, die Geschichte der Erfindung und Verbesserung u. a. S. Gehler. Vergl. Mém. sur la construction et l'usage du Microscope par D. Villars. Par. 1806. Essay's on the microscope by G. Adams. Lond. 1787. Schmidt bey Gren I. 297.

Für undurchsichtige Gegenstände ist äuſserst bequem und wegen der Klarheit und Schärfe der Bilder sehr empfehlenswerth das Lampenmicroskop von Adams, dessen Construction fig. 86 erläutert. Das Bild im Brenn-

punkte der beyden Linsen wird in einer Entfernung von 8 Zoll vom Auge beobachtet. S. Schmidt bey Gren a. a. O.

Das Sonnenmicroskop fig. 87 giebt unglaubliche Vergröſserungen, welche dem Quotienten der Entfernung am in m α gleich ist. Man kann das Bild $\alpha\beta$ auch mit einem schrägen Spiegel auffangen und auf eine mattgeschliffene Glastafel projiciren, wodurch dasselbe zugleich als camera clara wirkt. Um undurchsichtige Gegenstände durch dasselbe darzustellen fängt man die Sonnenstrahlen sss, wenn sie vom ersten Spiegel horizontal reflectirt werden, mit einem zweyten, schräg gerichteten Spiegel so auf, daſs sie wieder rückwärts gegen das Object, wie beym Lampenmicroskop geworfen, und von diesem horizontal reflectirt werden. S. Beschreibung eines verbesserten Sonnenmicroskops von J. E. B. Wiedeburg. Nürnb. 1758. 8. Emendatio microscopii solaris auct. F. V. S. Aepino. in nov. Comm. Petrop. S. IX. Eine verbesserte Construction des microscopii compositi, welches zugleich als Sonnenmicroskop mit camera clarà gebraucht werden kann, von Garny, findet man in Annals of philos. XIII. 51.

Die Zauberlaterne, welche mit dem Sonnenmicroskop viele Aehnlichkeit hat, wird aus fig. 88 klar, so wie überhaupt die Veränderung der durch dieselbe erzeugten Bilder nicht schwer zu erklären ist. S. Athanas. Kircheri ars magna lucis et umbrae. Amstel. 1761. fol.

A n h a n g.

Verhältniſs zwischen Licht und Wärme.

§. 145.

Das Licht, sowohl das weiſse als auch das farbige, zeigt sich in einer dreyfachen Wirksamkeit, als erleuchtend, als chemisch thätig und als erwärmend. Alle diese drey Eigenschaften kommen zwar den einzelnen farbigen Strahlen insgesammt zu, allein in einem sehr verschiedenen Grade. Die stärkste erleuchtende Kraft besitzen

die gelben Strahlen, die chemische Thätigkeit ist am gröfsten in den violetten, die erwärmende dagegen in den rothen Strahlen des Farbenbildes.

Im weifsen Lichte scheinen die verschiedenen Thätigkeiten des farbigen Lichtes gleichsam ausgeglichen, so dafs die erforderliche mittlere Wirksamkeit hervorgebracht wird. Alle Untersuchungen ergeben aber einstimmend, dafs die gelben Strahlen, da wo sie den grünen nahe kommen, die stärkste Erleuchtungskraft haben, und dafs diese von da nach beyden Seiten abnimmt, folglich bey den rothen und indigofarbnen ohngefähr gleich, bey den violetten am schwächsten ist. S. Herschel bey G. VII. 142, vorzüglich Frauenhofer bey G. LVI. 301. Weil nun bey jeder Erleuchtung die gelben Strahlen aus dieser Ursache die hervorstechendsten sind, und dieser Farbe die blaue als complementäre zugehört, so scheint hierin ein Grund zu liegen, dafs die blauen Schatten und blaues Licht (z. B. bey der Lichtflamme) so vorzugsweise hervorkommen, und auch die Luft blau erscheint. S. §. 133.

Dafs die chemische Kraft der violetten Strahlen stärker ist, als die der übrigen, und dafs daher das Hornsilber in ihnen am schnellsten und stärksten geschwärzt werde, bemerkte schon Scheele S. opuscula ed. Hebenstreit Lips. 1788. S. 75. Ritter wollte auch über diese Strahlen hinaus reducirende Wirkungen gefunden haben, und Oxydation in den gelben und rothen. S. G. VII. 527. Gegen seine Behauptungen streiten aber die vorzüglich genauen Versuche von Berard S. G. XLVI. 376, und die sehr ausführlichen Untersuchungen dieser gesammten Erscheinungen durch Ruhland, welcher, übereinstimmend mit Wollaston S. G. XXXI. 416, gleichfalls eine Fortsetzung der chemischen Wirkungen über das Violett hinaus beobachtet haben will (wenn es anders möglich ist, die Grenze dieser so wenig leuchtenden Strahlen wahrzunehmen), im Allgemeinen aber allen farbigen Strahlen chemische Wirkungen, u. z. sowohl oxydirende als desoxydirende zuschreibt, obwohl den brechbaren mehr als den minder brechbaren. Nicht selten sind sie in ihren Wirkungen einander allerdings entgegengesetzt, und so können Substanzen, worunter namentlich das Hornsilber gehört, durch die rothen Strahlen auf einen geringeren Grad der Veränderung zurückgebracht werden, als derjenige, auf welchen sie durch die violetten versetzt wurden. Nicht minder wirken auch die violet-

ten Strahlen stärker auf die Vegetation, bewirken das schnellere Keimen der Saamen und das Hinneigen der Pflanzen zum Lichte, welche sich dagegen vom rothen abwenden. S. Schweigg. IX. 229. Als Ursache hiervon sieht Ruhland die stärkere Attraction der Körper zu diesen Strahlen an. S. über die polarische Wirkung des gefärbten heterogenen Lichtes, Berl. 1817. Diese Ansicht findet einen Grund der Bestätigung in der oft gemachten Beobachtung, dafs die Lichtmagnete in den brechbarsten Strahlen am stärksten leuchtend werden. S. ib. 26. Vergl. Wilson a series of experiments relating to the phosphoric and prismatic colours. Lond. 1775. 4. im Ausz. in Leipz. Sammlung zur Phys. u. Naturgesch. I. 515. Die Hypothese Ritters, dafs es eigenthümliche, am stärksten brechbare, nicht leuchtende, aber chemisch wirkende Lichtstrahlen im Farbenbilde gebe, fiele also hiernach weg. S. Ritter bey G. XII. 409. Englefield bey G. XII. 399. Ritter bey Gehlen VI. 667. Goethe zur Farb. II. 705.

Sehr vieles Aufsehen machten die Versuche von W. Herschel, welcher nicht blofs die rothen Strahlen viel mehr erwärmend fand, als die violetten, sondern auch eine merkliche Erwärmung noch über die rothen Strahlen des Farbenbildes hinaus wahrgenommen hatte. Es stieg nach ihm ein Quecksilber-Thermometer

in den rothen Strahlen um 6°,75 — 7° F.

— grünen — — 3°,75

— violetten — — 2°

und nach sorgfältigen Versuchen will er sogar die stärkste erwärmende Kraft ½ Zoll vom äufsersten Roth ausserhalb des Spectrums gefunden haben. S. Herschel's Untersuchungen üb. d. Natur d. Sonnenstrahlen üb. von Harding. 1801. im Auszuge bey G. VII. 137. X. 68. XII. 521. Etwas Aehnliches war früher von Rochon behauptet, S. opusc. 1–83. mit dem Unterschiede, dafs er die gröfste Wärme im Gelb und keine unter dem Spectrum fand.

Die Herschelschen Versuche wurden von mehreren bestätigt, z. B. Englefield S. G. XII. 399. von andern mitunter lebhaft bestritten, z. B. Leslie S. G. X. 88. Wünsch bey Gehlen VI. 633. Boeckmann üb. d. Erwärmung d. Körper durch d. Sonnenstrahlen, Vorr. Berard S. G. XLVI. 376 hat die Versuche auf das sorgfältigste wiederholt, findet aber weder den Unterschied der erwärmenden Kraft so grofs als Herschel, noch auch erwärmende Strahlen unterhalb der rothen prismatischen. Wünsch

a. a. O. und Ruhland a. a. O. p. 50 fanden die gröſste erleuchtende Kraft sogar veränderlich, und letzterer setzt sie nach seinen Versuchen der chemischen Wirksamkeit umgekehrt proportional.

§. 146.

Soweit aus den verschiedenen Resultaten der schwierigen Versuche eine bestimmte Folgerung erhalten werden kann, läſst sich annehmen, daſs die Lichtstrahlen nicht von eigenthümlichen Wärmestrahlen von geringerer Brechbarkeit begleitet werden, vielmehr scheint das Licht selbst eine erwärmende Kraft zu haben, welche meistens in einer Absorbirung und Bindung desselben gesucht wird, wahrscheinlicher aber als eine Ausscheidung der in den Körpern vorhandenen Wärme anzusehen ist. Merkwürdig, und zugleich den Unterschied zwischen Licht und Wärme begründend sind die Versuche, wonach die Wärmestrahlen zwar von metallenen spiegelnden Flächen nach Art des Lichtes reflectirt, durch Glas aber fast gar nicht durchgelassen werden, obgleich sie den Gesetzen der Polarisation unterworfen sind.

Daſs die Wärmestrahlen überhaupt eine Brechung in durchsichtigen Prismen, wie die Lichtstrahlen erleiden sollten, oder gar eine, mit der farbigen Brechung des Lichtes harmonirende, streitet gegen das bekannte Gesetz, daſs durchsichtige Substanzen, namentlich das Glas die strahlende Wärme nur dann überhaupt oder wenig durchlassen, wenn sie zum Leuchten übergeht, und ein Glasprisma müſste daher die Wärmestrahlen von den Lichtstrahlen scheiden. Interessant sind in dieser Hinsicht die Versuche Ruhland's, wonach das Licht, wenn es durch warme oder kalte Flüſsigkeiten fällt, keine Veränderung seiner erwärmenden Kraft erleidet. S. a. a. O. Etwas Aehnliches zeigt sich, wenn man in beträchtlicher Entfernung die erwärmende Kraft des Feuers empfindet, ohne daſs die Luft bis dahin wärmer wird, mithin ohne eine eigentliche Fortpflanzung der Wärme. Nach eigenen Beobachtungen drangen einst die wärmeerzeugenden

Lichtstrahlen eines starken Feuers in einer Entfernung von etwa 130 F. durch gefrorne Fensterscheiben, und bewirkten hinter denselben eine merkliche Erwärmung, ohne das Eis der Fensterscheiben bey — 5° im mindesten zu schmelzen.

An gewisse, die Lichtstrahlen begleitende Wärmestrahlen wäre also hiernach nicht zu denken. Um so mehr Ansehen gewinnt die Meinung derjenigen, welche die Erwärmung durch das Licht aus einem Gebundenwerden desselben oder aus einem Uebergange desselben aus dem Zustande der gröfsten Beweglichkeit zum Zustande der Ruhe erklären wollen. Als Beweise hierfür dienen die verschiedenen Versuche, wonach die Farbe überhaupt und vorzüglich ihre Dunkelheit die erwärmende Kraft der Lichtstrahlen vermehrt, wie unter andern Franklin durch verschiedenfarbige Tuchscheiben darzuthun suchte, welche im Verhältnifs der Dunkelheit ihrer Farbe tiefer in den Schnee durch Erwärmung eingesunken waren. S. Franklin letters on phil. subj. 56. Aehnliche Erscheinungen erzählen Pictet Vers. über d. Feuer §. 83. Saussure Reise durch die Alpen IV. 109. vorzüglich C. W. Boeckmann über die Erwärmung verschiedener Körper durch d. Sonnenstrahlen. Carlsr. 1811. Nach diesen und mehreren, auf eine Identität von Licht und Wärme hinführenden Erscheinungen sind mehrere Gelehrte geneigt, beyde für gleich zu halten, S. z. B. Link Beyträge zur Phys. und Chemie, II. u. III. Berthollet statique chimique I. 194. Dizé in J. d. ph. VI. 177. G. IV. 410. Prechtl bey G. XX. 305. Vergl. Davy's Hypothesen über Licht, Wärme u. Electricität bey G. XII. 546 ff. Biot IV. 612 sagt: La transmission plus abondante à mesure que le rayonnement calorifique s'approche de l'état de lumière semble indiquer le progrès d'un même phénomène qui, dans ses modifications diverses, agit sur nous inégalement, comme si les émanations calorifiques n'etoient que de la lumière obscure, et la lumière du calorique lumineux. Allein hiergegen streitet, dafs die in unmefsbarer Geschwindigkeit sich bewegenden dunkeln Wärmestrahlen, wenn sie durch Hohlspiegel reflectirt werden, dieser ihrer Geschwindigkeit ungeachtet nicht leuchten, S. Biot IV. 605. Vergl. Pictet bey G. XIII. 121. desgleichen die Beobachtung von de la Roche, welcher gefunden hat, dafs die Wärmestrahlen bis zum Siedepunkte des Wassers selbst von dem dünnsten Glase nicht durchgelassen werden S. J. d. ph. LXXV. 201 und endlich dafs die Wärmestrahlen durch dickeres aber

durchsichtigeres Glas weniger leicht, als durch dünneres undurchsichtiges durchgelassen werden. S. ebend.

Hiernach scheint es, mit besonderer Rücksicht auf die Gesetze der specifischen und latenten Wärme, am angemessensten anzunehmen, daſs das Licht sowohl als die Wärme eigenthümliche und unter sich verschiedene Stoffe sind, welche aber in manchen Stücken ihres Verhaltens groſse Aehnlichkeit unter einander haben. Schwerlich wird es hierbey genügen, die Expansion des Lichtes mit H. Voigt von der Wärme abzuleiten, dann abgesehen davon, daſs hiernach die eigentliche Basis des Lichtes immer unbekannt bleibt, scheint dem Lichte eine gröſsere Expansion als der Wärme selbst eigen zu seyn. S. Gren. n. J. III. 235. Weit mehr mit der Natur der Sache übereinstimmend scheint mir die Hypothese, daſs Licht und Wärme sich wechselseitig nach den Graden ihrer Intensität ausscheiden, wofür auch die Versuche Boeckmann's entscheiden, wonach wenigstens die Metalle, durch die Sonnenstrahlen erhitzt, schneller erkalten, als wenn sie durch dunkele Wärme eine erhöhete Temperatur erhielten. S. Versuche über d. Wärmeleitung verschiedener Körper p. 159 ff.

Hiernach wäre die Wärme als absolut und allezeit dunkel anzunehmen, das durch sie erzeugte Licht aber als aus den Körpern ausgeschieden; das Licht dagegen nur dann als leuchtend anzusehen, wenn es den erforderlichen Grad der Beweglichkeit hat. Ob dasselbe bey dieser seiner geringeren Beweglichkeit nicht wieder den selbstleuchtenden Sonnen zuströmt, mithin keine Anhäufung desselben statt findet, wird schwerlich auszumitteln seyn. Die Aehnlichkeiten beyder Stoffe zeigen sich hauptsächlich in dem Afficirtwerden derselben durch die Oberflächen der Körper, namentlich in der Reflection von polirten Flächen. Hierbey muſs man sehr die strahlende und zugleich leuchtende Wärme von der dunkelen unterscheiden, worauf schon Mariotte S. Traité des couleurs Par. 1777. p. 288 aufmerksam gemacht hat. Vorzüglich ist dieser Gegenstand untersucht durch Pictet S. Vers. über d. Feuer Cap. 3. u. an v. Orten d. bibl. britannique vom J. 1800 u. ff. nach welchem nicht bloſs die leuchtenden, sondern selbst die dunkelen Wärmestrahlen von spiegelnden Flächen reflectirt werden. Sehr merkwürdig ist die Beobachtung von de la Roche, daſs die Wärmestrahlen das Glas so viel leichter durchdringen, jemehr sie leuchtend sind, und daſs die durch eine Glasscheibe durchgelassenen eine zweyte mit geringerem

Verluste durchdringen, woraus er auf eine Art Polarisation schliefst. S. J. d. ph. LXXVII. 201. Uebereinstimmend hiermit fand Rumford, dafs das Licht beym Durchgange durch eine Scheibe klares Glas 0,1973 und durch ein anderes 0,1869 von seiner vorigen Stärke verlor, durch beyde zusammen aber, statt der Summe von beyden = 0,3842, nur 0,3184. S. Rumford bey Gren II. 43. Ferner soll der polarisirte Lichtstrahl nach Berard im maximo der Lichtstärke auch die gröfste Wärme haben, und sogar die fast dunkeln, selbst bis zu den ganz dunkelen Wärmestrahlen auf gleiche Weise als die Lichtstrahlen bey der Umdrehung des zweyten Spiegels um die polarisirten Strahlen zwey mazima und zwey minima geben S. §. 123. Eine grofse Aehnlichkeit beyder, des Lichtes und der Wärme, ist also keineswegs zu verkennen, ohne dafs dennoch die Identität, der entscheidenden Gegengründe wegen, angenommen werden kann.

Anmerkung.

Die Hervorbringung der magnetischen Polarität im Eisen durch die violetten Strahlen des sehr hellen Sonnenlichtes, welche Morichini entdeckt hat, läfst sich ungeachtet des Widerspruches von Configliachi nach der Aussage mehrerer glaubhafter Zeugen nicht füglich in Zweifel ziehen, so schwierig auch die Erklärung dieser Erscheinung seyn mag. S. J. d. ph. LXXXV. 329. G. XLIII. 212. Schweigger VI. 327. XX. 10.

Zur Literatur der Optik dienen vorzüglich

Petri Gassendi institutio astronomica cet. cui access. Galilaei nuntius sider. et Joh. Keppleri Dioptrice. Lond. 1653.

Renati des Cartes specimina philosophiae cet. Amst. 1692. 4.

Christiani Hugenii opuscula posthuma, quae continent Diopt. L. B. 1703. 4.

Gregory's elements of Catoptrics and Dioptrics cet. Lond. 1735. 8.

Traité d'Optique, sur la gradation de la lumiere par M. Bouguer. Par. 1760. 4.

Newton Optice, sive de Reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis. libri III. auct. Newtono. lat. redd. Sam. Clarke. Lond. 1706. 4; 1719. 4; edit. nov. Laus. et Genevae. 1740. 4.

Js. Newtoni opuscula math. philos. et philol. collegit Joh. Castillioneus. ib. 1744. 4. Tom. II^{dus}. 75 — 409.

Euler nova theoria lucis et colorum in opp. var. arg. Berol. 1746.

Dioptricae pars I^{ma}, II^{da}, et III^{a}. auct. Leonhardo Eulero cet. Petrop. 1769 — 71. 4.

ej. lettres a une princesse d'Allemagne. 1770. 8. übers. mit Anmerkungen von Kries Leipz. 1792 — 94. 3 vol.

R. Smith vollständiger Lehrbegriff d. Optik. a. d. E. von Kästner. 1755. 4.

Priestley Geschichte d. Optik. übers. von Klügel. Leipz. 1776. 4.

Analytische Dioptrik u. s. w. von G. S. Klügel. Leipz. 1778. 4.

De la Caille lectiones elementares opticae ex edit. Par. anni 1756. in lat. traductae; accessit brevis theoria micrometri objectivi a R. J. Boscovich. Vindob. 1766. 4.

Marat Entdeckungen über das Licht, aus d. Franz. von Weigel. Leipz. 1783. 8.

Karsten's Lehrbegriff der gesammten Mathematik, aufs Neue herausgegeben von Mollweide. 7ter Th. 1818.

Lambert photometria, s. de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Aug. Vindel. 1760. 8.

Grundlehren der Photometrie oder der optischen Wissenschaften von K. C. Langsdorf. Erlangen 1803 — 5. 2 vol. 8.

C) Electricität und Galvanismus.

§. 147.

Eine dritte inponderabele Substanz, deren Daseyn aber nicht, wie beym Lichte, im ganzen Universum, sondern blofs allgemein für unsern Erdball nachgewiesen werden kann, ist die Electricität oder das electrische Fluidum. In seiner allgemeinen Verbreitung wird dasselbe von uns nicht unmittelbar wahrgenommen, wohl aber im Zustande partieller Mittheilung oder Hervorrufung in gröfserer oder geringerer Wirksamkeit bey allen möglichen zahllosen Veränderungen

der Körper, wobey es sofort wieder in den Zustand der allgemeinen und dadurch für uns nicht wahrnehmbaren Verbreitung überzugehen strebt.

Das Vorhandenseyn der Electricität entdeckte man anfangs beym Bernstein durch das Angezogenwerden kleiner Körperchen, wenn derselbe gerieben wurde, und hielt dieses für eine, dieser Substanz eigenthümlich zukommende, dem Magnetismus ähnliche Kraft. Wenn gleich der hierdurch entstandene Name der Sache selbst durchaus nicht angemessen ist, so hat er doch einmal Autorität erlangt, und mufs daher beybehalten werden.

Die Unwägbarkeit der E. hat man, so viel mir bekannt ist, noch überhaupt nicht durch Versuche zu bestimmen unternommen, und es wird dieses auch wegen der sogleich eintretenden el. Anziehung sehr schwer oder ganz unmöglich seyn, der andern, aus der Sache selbst hervorgehenden Schwierigkeiten nicht zu gedenken. Indefs ist auch hierauf dasjenige anwendbar, was im Allgemeinen über die Inponderabilien gesagt ist. S. §. 80. Ob das el. Fluidum auch andern Planeten, den Trabanten und Fixsternen zugehört, oder unserer Erde ausschliefslich eigen ist, wird schwerlich jemals auszumitteln seyn.

Eine ganz allgemeine Verbreitung der E. über und durch unsern Erdball und die Atmosphäre bis an deren äufserste Grenzen kann gegenwärtig gar nicht mehr bestritten werden, indem kaum irgend eine Veränderung der verschiedensten Körper bekannt ist, bey welcher sie nicht auf irgend eine Weise zum Vorschein käme. Dahin gehören die verschiedensten Veränderungen der Hitze und Abkühlung, z. B. beym Turmalin, Borazit, brasil. Topas, crystallinischen Galmay und nach neueren Untersuchungen bey vielen andern, S. Hildebrandt Natürl. II. 736, des Zerbrechens, Reibens, Durchpuderns feiner Substanzen durch Siebe und Zeuge, S. Kortum's u. Wilsons Versuche bey Voigt X. 2. 1. Vergl. G. XVII. 200. XXVIII. 211, das Eintauchen einer Siegellackstange in Quecksilber, das Drücken wollener und seidener Zeuge u. a. m. S. Singer Elemente d. Electricität u. Electrochemie d. Ue. Breslau 1819. p. 15 ff. Ganz besonders ist dieses aber der Fall bey dem allgemeinen Lebens- und Vegetationsprocesse der Erde im Grofsen durch eine gewisse Wechselwirkung zwischen der Atmosphäre und dem Erdballe. Vergl. Gay-Lüssac in ann. de chim. VIII. 156.

Zur willkührlichen Hervorbringung der E. bedient man sich im Allgemeinen nur zweyer Mittel, des Reibens, und der Berührung verschiedener Metalle. Letzteres bietet in der Anwendung Erscheinungen eigener Art dar, welche erst seit dem Anfange dieses Jahrhunderts genauer bekannt, und nach ihrem Erfinder mit dem Namen Galvanismus belegt sind. Es ist der Sache selbst und vorzüglich der erforderlichen Apparate wegen nicht unzweckmäfsig, diese besonders zu untersuchen.

Dem äufsern Anscheine nach setzt sich die E., sobald sie an irgend einem Körper oder bey irgend einer Veränderung zum Vorschein gekommen ist, wieder ins Gleichgewicht, indem sie dem Erdkörper zuströmt. Ob wir hiernach den Erdkörper als den eigentlichen Centralsitz des el. Fluidums ansehen müssen, wie wahrscheinlich ist, oder ob wir dasselbe überall im Weltraume verbreitet anzunehmen haben, bleibt bis jetzt noch zweifelhaft, und vielleicht für immer unbestimmbar.

§. 148.

Das Heraustreten der E. aus diesem allgemeinen Zustande des Gleichgewichts oder das partielle Vorhandenseyn derselben an und bey einzelnen Körpern zeigt sich im Kleinsten durch das Anziehen leicht beweglicher Körper, bey grösserer Stärke durch das Erscheinen der kleinsten bis zu den gröfsten electrischen Funken. In manchen Fällen zeigt sich jedoch eine beträchtliche chemische Action der E., ohne dafs ihre Anwesenheit auf die angegebene Weise sichtbar wird.

Aus dem Angezogenwerden leichter Körper, aufser wenn diese Erscheinung magnetisch und als solche leicht kenntlich ist S. §. 178, dürfen wir auf die Anwesenheit der E. schliefsen, und bey der Feinheit der jetzigen Mefswerkzeuge können wir behaupten, dafs keine Electricität vorhanden sey, wenn diese Anziehung sich nicht zeigt. Merkwürdig ist jedoch dabey, dafs bey der starken chemischen Action der E. in der Volta'schen Säule die anziehende Kraft so geringe und oft ganz unmerklich ist. Es bleibt daher immer möglich, dafs die E. nicht unbedeutende chemische Wirkungen hervorbringt, ohne dennoch durch die bis jetzt bekannten Electrometer angezeigt zu werden. S. §. 177.

§. 149.

Wenn gleich die allgemeine Verbreitung der E. und das Freywerden derselben bey den verschiedensten Veränderungen der Körper nicht bezweifelt werden kann, so ist doch zugleich wegen der gröfseren oder geringeren Leichtigkeit, womit dieses geschieht, imgleichen wegen der Menge der wahrnehmbar gemachten E der allgemein angenommene Unterschied der Körper, wonach man sie in idioelectrische und anelectrische abtheilt, für eine sehr grofse Menge von Erscheinungen, welche der sogenannten gemeinen E. zugehören, allerdings in der Natur der Sache gegründet.

So lange man keine andere Art der Hervorrufung d. E. kannte, als das Reiben gewisser Körper und aufserdem noch die el. Eigenschaft des Turmalins und einiger Fische S. §. 168. konnte der bekannte Unterschied der Körper, wonach man sie in idioelectrische und anelectrische abtheilte, allerdings angenommen werden. Seit der Entdeckung der volta'schen Säule aber kann derselbe nicht mehr als allgemein zuläfsig erscheinen, indem hierin gerade diejenigen Körper, die Metalle, welche sonst als die vorzüglichsten anelectrischen Körper angesehen wurden, sich als die besten electromotorischen zeigen, und die früher sogenannten idioelectrischen ganz ohne Wirkung bleiben. Der Unterschied kann daher blofs in Beziehung auf die Hervorbringung der E. durch Reibung gelten. Blofs in dieser Hinsicht gehören namentlich die Metalle und feuchte Substanzen unter die anelectrischen Körper, weil sie durch Reibung nur unmerklich electrisch gemacht werden können. S. Herbert theoria phaenom. electricitatis. Viennae 1778. 4. Hauy in Ann. du Mus. d' hist. nat. III. p. 309. Diejenigen idioel. Körper dagegen, deren man sich vorzugsweise zur Hervorbringung der El. durch dieses Mittel bedient, sind Glas, Harze, Schwefel und Seide.

§. 150.

Weit wesentlicher und in der Anwendung fruchtbarer ist die Unterscheidung der Körper

hinsichtlich ihres Fortleitungs- und Durchleitungs-Vermögens, wonach man sie in Leiter und Nichtleiter abtheilt. Diese Fähigkeit wird sehr durch die veränderliche Beschaffenheit derselben modificirt. Wenn übrigens die besten Nichtleiter der E. dennoch den Durchgang, wenigstens der gemeinen E., ungehindert zu verstatten scheinen; so beruhet dieses auf einem anderweitigen nicht unwichtigen Verhalten derselben.

Unter die Nichtleiter für die E., welche ihr weder den Durchgang durch ihre Masse noch die freye Verbreitung auf ihrer Oberfläche verstatten, gehören vorzüglich Schellack, am besten die etwas bräunlichen Stücke alle Harze, Schwefel, Gagat, Wachs und die fetten Oele. Ferner Seide, Haare und Federn; das Glas und alle Verglasungen, durchsichtige Edelsteine, trockner Kalk, Talg und die Metalloxyde; gedörrete vegetabilische Substanzen, auch Pergament und Leder, Asche, Phosphor, Kampfer, die trocknen Gasarten und das Eis unter — 25° C. S. Achard phys. chem. Schriften. p. 18. Unter die Leiter gehören die regulinischen Metalle, Kohle, Graphit, viele Erd- und Steinarten, die Salze, alle nicht fetten Flüſsigkeiten, alle glühenden, geschmolzenen und alle feuchten Substanzen, die Dämpfe und die verdünnte Luft. Die Metalle leiten nach v. Marum in abnehmender Stärke: Kupfer, Gold, Silber, Messing, Eisen, Zinn, Bley, Zink u. s. w. Weil übrigens die Leitungsfähigkeit sehr verschieden ist; so unterscheidet man vollkommene und unvollkommene, oder Halbleiter. Es ergiebt sich hieraus zugleich, daſs die nämlichen Substanzen unter verschiedenen Bedingungen bald Leiter, bald Nichtleiter sind. Ein auf irgend eine physische Eigenschaft der Körper gebauetes allgemeines Gesetz der Leitung und Nichtleitung ist noch nicht aufgefunden. Ueber eine eigenthümliche Modification d. Leitungsvermögens S. §. 174.

Ist ein Körper bloſs von Nichtleitern umgeben; so heiſst er *isolirt*. Die vollkommenste Isolation giebt die dunkelbräunliche Sorte Schellack. S. Biot II. 224. Ueber die vortheilhaftesten Arten der Isolirung, Isolatorien u. s. w.

Legt man auf ein empfindliches Electrometer eine Scheibe von Harz oder Glas, und nähert dieser, wie

grofs sie auch seyn mag, einen electrischen Körper; so wird das Electrometer die Wirkung eben so anzeigen, als ob die Scheibe nicht dazwischen wäre. Hierin kommen also diese Körper mit dem Verhalten der atmosphärischen Luft überein, mit dem Unterschiede, dafs die letztere durch die E. leichter durchbrochen wird, wenn sie in Funken von einem Körper zum andern übergeht. Die Erklärung dieses, mit der gewöhnlichen Ansicht der Nichtleitung oder Isolirung nicht verträglichen Versuches S. §. 157. Zugleich zeigt sich hierin die E. sehr wesentlich verschieden vom Magnetismus, welcher nicht durch flaches Eisen dringt.

§. 151.

Das Hervorbringen, oder Freymachen der E. geschieht im Kleinen durch blofses Reiben einer Stange Siegellack oder Schwefel oder einer Glasröhre. Verlangt man stärkere Wirkungen; so bedient man sich der Maschine, welche aus dem geriebenen idioelectrischen Körper, dem Reibzeuge und einem Conductor mit den erforderlichen Saugspitzen zum Auffangen des el. Fluidums bestehen.

Um die Eigenthümlichkeiten der E. im Kleinen und ihre Gesetze zu prüfen kann man sich mit Vortheil kleiner Massen sogenannter idioelectrischer Substanzen bedienen. Die Maschinen haben den Zweck, theils grössere Massen zu reiben, theils das Reiben selbst mit mehr Bequemlichkeit und gröfserer Geschwindigkeit zu verrichten.

Die verschiedenen, früherhin zur Construction der Electrisirmaschinen vorgeschlagenen Substanzen, als Schwefelkugeln nach Otto von Guericke, gedörretes Holz nach Pickel, S. exper. phys. med. de electr. Virceb. 1778; Scheiben von Gummilack nach van Marum, gefirnifste Pappscheiben nach Ingenhoufs, Taffent nach Walkier's de St. Amand und Rouland S. Lichtenb. Mag. III. 118. G. XXIII. 308, Wollenzeug nach Lichtenberg, S. Magaz. I. 83, u. a. m. werden gegenwärtig nicht mehr in Anwendung gebracht. Vielmehr nimmt man als idioelectrischen Körper blofs Glas (blaues, grünliches, oder weisses, indem bey der erforderlichen Härte und Reinheit desselben die Farbe keinen Unterschied macht), in der Form

von Kugeln, häufiger von Cylindern oder Scheiben. Die ersteren mit Harz auszugiefsen oder durch eine Oeffnung die äufsere Luft mit der inneren stets im Gleichgewichte zu erhalten ist eher nachtheilig, als vortheilhaft. Eine metallene durchgehende Axe ist schädlich, eine hölzerne dagegen nicht. Am bequemsten und für ganz grofse Maschinen allein anwendbar sind hinlänglich und gleichmäfsig dicke Scheiben, deren Wirksamkeit aber erst vorher durch Reiben und das hiernach erfolgende Anziehen kleiner Stückchen Papier gepüft werden mufs. Gegen das Zerspringen ist man gesichert, wenn die Fassung blofs am äufsern Rande am Glase anschliefst, und die Schraube, womit dieselbe festgeschroben wird, möglichst locker geht. Feines und gleichmäfsig dickes Leder zwischen der metallenen Fassung und dem Glase leistet die besten Dienste. Hinsichtlich der Wirksamkeit leistet ein Cylinder von 14 Z. ohngefähr so viel, als eine Scheibe von 24 Z. Indefs wird die Wirkung durch eine zahllose Menge von Nebenumständen bedingt, welche sicher noch nicht alle aufgefunden sind. S. G. XXXIX. 245. Aufser der gewöhnlichen Art, die Scheibenmaschinen zu bauen ist eine vortheilhaftere durch v. Marum angegeben. S. G. XXIII. 302.

Die Reibzeuge, welche nach eigener Erfahrung immerhin $\frac{1}{6}$tel der Scheibe oder des Cylinders bedecken können, bestehen bey den Cylindern aus einer hohlen, inwendig gepolsterten Schüssel, bey Scheiben aus flachen, mit weichem Wollenzeug überzogenen Brettern. Auf beyden wird feines Kalbleder in unmittelbare Berührung mit dem Glase gebracht, und der freye Raum des letzteren, bis an die Saugspitzen wird vortheilhaft mit Flügeln von Taffent und darüber von Wachstaffent bekleidet. Auf das reibende Leder wird mit etwas frischem Schweinefett das Amalgama in einer der Beschaffenheit des Glases angemessenen Menge aufgetragen. Das Amalgama selbst besteht am besten nach Kienmayer aus 2 Th. Quecksilbher in 1 Th. Zinn und 1 Th. Zink gegossen, wenn letztere nicht heifser sind, als zum Fliessen erforderlich ist, und nach dem Erkalten zum feinsten Pulver gerieben. Singer p. 33 empfiehlt ein Amalgama aus 1 Th. Zinn, 2 Th. Zink, 6 Th. Quecksilber, oder auch 2 Th. Zinn, 4 Th. Zink, 7 Th. Quecksilber. Das Letztere soll vor dem Zugiefsen bis 150° erwärmt, die Mischung in eine eiserne oder hölzerne Büchse gegossen, darin geschüttelt, und nachher fein pulverisirt werden. Ein weiches Amalgama aus Zinn und Quecks.

ist gleichfalls brauchbar. Ueber d. Reibzeuge S. v. Marum bey Gren J. II. 167. VI. 70.

Der Conductor, bey welchem blofs die Glätte und eine der Stärke der Maschine proportionale Gröfse der Oberfläche in Betrachtung kommt, wird am besten durch massive, mit aufgelösetem Siegellack überzogene Glassäulen isolirt, und mit messingenen Saugspitzen zum Auffangen der E. verbunden. Die verhältnifsmäfsige Gröfse desselben für verschiedene Maschinen ist noch nicht genau bestimmt, indefs giebt nach meinen Erfahrungen im Allgemeinen die Hälfte der Oberfläche der Scheibe oder des Cylinders das richtige Verhältnifs der Oberfläche des Conductors. Bey den Cylindermaschinen wird allezeit und bey den Scheibenmaschinen, wenn sie nach v. Marum auf einer Axe laufen, das Reibzeug mit einem isolirten Conductor versehen.

Die gröfste bis jetzt gebauete Maschine ist von Cuthberson für das Teylersche Museum in Harlem verfertigt. S. Beschreib. einer ungemein grofsen El. Maschine. 2 Th. Leipz. 1786 u. 88. Beschreib. einer El. Masch. und einigen damit angestellten Vers. von Cuthberson. Leipz. 1790. Grimm üb. d. El. Masch. d. Prinzen H. von Wirtenberg S. G. IV. 359. Nicholsons Cylindermaschine S. Gren J. III. 49.

§. 152.

Bey aufmerksamer Beobachtung der el. Erscheinungen wird man bald die überraschende Entdeckung machen, dafs durch das Reiben verschiedener Körper aneinander nicht blofs beyde, wenn sie hinlänglich isolirt sind, electrisch werden, sondern dafs ihre electrischen Aeufserungen einander aufheben, folglich entgegengesetzt seyn müssen. Durch das weitere Verfolgen dieser Entdeckung hat man aufgefunden, dafs überhaupt niemals einerley Art von E. allein hervorgerufen wird, sondern allezeit zwey, welche man positive und negative, + und — E. genannt hat. Ihr Unterschied zeigt sich hauptsächlich durch ihren Gegensatz, und die Verschiedenheit der strahligen Figuren, welche sie nach Lichtenbergs Beobachtungen auf harzigen Stoffen hervorbringen.

Versuche mit Glasstangen und Siegellack an isolirten Reibzeugen gerieben, zwey verschiedenfarbige seidene Bänder über einander gerieben, zwey seidene Strümpfe über einander gezogen, zwey Glastafeln auf einander gedrückt oder gerieben, eine isolirte Metallplatte auf Glas gedrückt u. a. m.

Die Bezeichnung derselben wurde von Franklin und Lichtenberg aufgebracht, eigentlich als bloſse Namen, welche aber unverkennbar nicht ohne Bezeichnung eines wesentlichen Unterschiedes sind.

Das allgemeine Gesetz des gegenseitigen Verhaltens d. E. besteht darin, daſs gleichartige E. sich abstoſsen, ungleichartige sich anziehen, gleiche Mengen entgegengesetzter E. aber sich zur Neutralität sättigen. Die erste Erscheinung ist nicht absolut im Wesen der E. gegründet, und es ist unrecht, in derselben ein repulsives Princip aufzustellen. Vielmehr zieht ein electrisirter Körper alle neutralen an S. §. 148, zwey gleichartig electrisirte Körper aber, vorzüglich nichtleitende, bilden um sich eine entgegengesetzt electrische Atmosphäre, um durch diese das Gleichgewicht wieder herzustellen, welche aber durch die doppelte Einwirkung zwischen beyden nur halb so stark, als nach auſsen ist, weswegen sie dahin sich von einander entfernen. Im völlig oder möglichst luftleeren Raume fällt daher das Abstossen weg S. Mayer Naturl. §. 575.

Die Stärke der Anziehung entgegengesetzt el. Körper ist bey einer groſsen Menge von Berührungspunkten nicht geringe. Man sieht dieses an einem Staniolblatte oder metallenen Becher, wenn man eine Glasplatte darauf legt, und dieser an der gegenüberstehenden Seite E. mittheilt, am schönsten an 2 auf einander liegenden erwärmten Bogen Papier mit Federharz gerieben. Sie hängen sehr stark zusammen, und werden mit Knistern und Funkensprühen im Dunkeln auseinander gerissen.

Die bekannten Lichtenbergischen Figuren entstehen, wenn man auf eine metallene, mit Lack oder harzigen Substanzen überzogene Scheibe die E. strömen läſst, am besten vermittelst eines metallenen Ringes, und diese Stelle mit zerstoſsenem Colophonium, Bärlappsamen oder sonstigen staubigen Substanzen bepudert. S. Lichtenberg de nova methodo naturam ac modum fluidi elect. investigandi; nov. Comm. Soc. Reg. Gött. VIII. Vergl. Paets van Troostwyk u. Krayenhof in Leipzig. Samml. zur Phys. IV. 357.

§. 153.

Auf das angegebene Gesetz der Anziehung und des Abstofsens ungleichartiger und gleichartiger E. ist die Construction der verschiedenen Electrometer gegründet, welche in grofser Menge erfunden und vielfach verbessert oder blofs abgeändert sind. Sie dienen entweder blofs dazu, die Anwesenheit der E. zu zeigen, als das von Cavallo angegebene, das Bennetsche Blatgold-Electrometer u. a. oder sie geben zugleich die Stärke der el. Spannung an, und sind daher eigentliche Mefswerkzeuge, als das Henley'sche Quadrantenelectrometer, die Coulombsche Drehwaage u. a. Die Art der vorhandenen E. zu prüfen dienen fast alle; am besten hierzu, und überhaupt um die feinsten Spuren vorhandener E. aufzufinden ist das von Behrens angegebene, welches Bohnenberger verbessert hat.

Die Erscheinung des Anziehens und Abstofsens durch E. wird sichtbar gemacht durch die Versuche mit dem el. Mörser, el. Haarpinsel, Tanz der Figuren, der Baumwolle, el. Trichter, Holundermarkkugeln in einer el. Glasglocke, das Glockenspiel, Laufen hohler Glaskugeln in einem metallenen Reifen, das Umhersprühen des weichen Siegellacks, wenn es an einem metallenen Leiter befindlich mit dem Conductor in Verbindung ist, u. a.

Unter den zahlreichen Electrometern, welche die E. blofs anzeigen, verdient vorzugsweise das von Cavallo angegebene, seiner Einfachheit und Empfindlichkeit wegen erwähnt zu werden. S. Abhandl. d. Lehre von d. E. deutsche Ueb. Leipz. 1797. I. 156. Es besteht aus einer auf einem lothrechten Träger horizontal-liegenden Glasstange mit einer Flaumfeder, einem Stückchen Staniol oder mit zwey Korkkügelchen an Zwirnsfäden oder seidenen Fäden, fig 90. Auch das von Hauy S. Mineral. I. 313. vorgeschlagene, eine dünne metallene Stange mit zwey Kugeln, welche auf einer Spitze horizontal beweglich ist, leistet gute Dienste. Canton's Vorschlag, zwey Korkkugeln an Fäden hängend zu gebrauchen, wonach Cavallo sein Taschenelectr., fig. 91. und durch Einschliefsen in einen gläsernen Becher mit messingener

Haube ein empfindliches Werkzeug construirte, fig. 92. S. Abhand. von d. El. I. 156., wurde durch Bennet in dessen bekannten Blattgoldelectrometer verbessert dargestellt. fig. 93. S. phil. trans. LXXVII. Gren J. I. 380. Statt der Korkkugeln nahm de Lüc hohle silberne an Strohhalmen; de Saussüre Holundermark an feinen Metalldräthen, und Volta bloſse Strohhalme. S. dessen meteorol. Briefe d. Ueb. I. Anderweitige, zum Theil verbessernde Vorschläge sind vorzüglich von Erman S. G. XV. 389 von Marechaux S. G. XV. 98. XVI. 115. u. a. m.

Damit zugleich die Stärke der el. Spannung gemessen werde, schlug Achard einen messingnen Träger vor, durch dessen E. Kugeln an steifen Fäden hängend abgestoſsen werden. fig. 94. Henley's Quadrantenelectr. unterscheidet sich hiervon wenig, vorzüglich durch den Quadranten, welcher den Winkel, bis auf welchen die Kugeln abgestoſsen werden, miſst. Das von de Lüc angegebene Fundamentalelectr. beruhet auf den nämlichen Principien. fig. 96. Zur Lit. S. Gehler. Ein ähnliches Werkzeug zum Messen der el. Spannung geladener Flaschen ist von Brook und Cuthberson vorgeschlagen, ein mit veränderlichen Gewichten versehener, in Kugeln endigender Waagebalken, dessen eine Kugel durch eine andere isolirte, mit einer Seite der geladenen Flaschen verbundene angezogen wird. fig. 95. Man sieht im Allgemeinen leicht, daſs die Hauptidee auf vielfache Weise angewandt und anders modificirt werden kann. S. G. III. 1.

Sowohl um die feinsten Spuren vorhandener E. aufzufinden, als auch die Stärke der Spannung zu messen dient die Coulombsche Drehwaage. fig. 98. Sie besteht aus einem Waagebalken von Schellack, mit einer Kugel von Holundermark und einem Blättchen Staniol, an einem sehr feinen Silberfaden oder einem Haare, oder dem Faden einer Kreuzspinne aufgehangen. Das Gleichgewicht des Balkens wird durch eine von der Mitte herabhängende Stecknadel erhalten, die Drehung desselben durch einen getheilten Kreis gemessen, und das Ganze befindet sich in einem gläsernen Cylinder. Zur Bestimmung der Stärke der Spannung dient das von Coulomb aufgefundene Gesetz, daſs die Restitutionskraft gewundener Dräthe sich wie die Gröſse des Drehungswinkels verhält.

Ueber die Art der Verfertigung und den Gebrauch derselben S. Biot II. 349.

Um die Art der gemessenen E. zu bestimmen, ladet man das Electrom. mit einer bekannten E. und bestimmt

die zu prüfende nach dem Gesetze der gleichnamigen Abstofsung. Das feinste Electrom. welches zugleich die Art der E. unmittelbar angiebt, ist das von Behrens angegebene, durch v. Bohnenberger verbesserte. fig. 89. Es besteht aus einem Streifen Goldblatt zwischen zwey kleinen Zambonischen Säulen. S. Behrens bey G. XXIII. 24.

§. 154.

Sowohl die Coulombsche Drehwage, als auch diejenigen Electrometer, bey denen das absolute Gewicht der abgestofsenen Kugeln genau bestimmbar ist, können dazu benutzt werden, die relative und absolute Kraft der electrischen Repulsion aufzufinden. Nach den von Coulomb selbst angegebenen Versuchen ist die repulsive Kraft der E. den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional, nach den Resultaten der von Simon mit grofser Genauigkeit und einem viel bequemeren Apparate angestellten scheint dagegen das Gesetz der Abstofsung den Entfernungen selbst umgekehrt proportional zu seyn.

Die absolute Repulsionskraft der E. vermittelst der Drehwaage zu finden ist schwierig wegen der kleinen hierbey zu messenden Gröfsen. Indefs zeigt Biot I. 516 die Art dieser Berechnung. Zur Bestimmung relativer Repulsionskräfte ist nöthig zu bemerken, dafs der Widerstand des gedreheten Silberdrathes der Waage den Graden der Drehung proportional ist. Man kann daher für wenige Grade die repulsive Kraft den Graden der Zurückstofsung gleichfalls direct proportional setzen. Für gröfsere Entfernungen ist eine genauere Berechnung erforderlich. Heifst die absolute zurückstofsende Kraft F; die Entfernung D; so ist $k = \frac{F}{D}$ = dem Verhältnifs der zurückstofsenden Kraft zur Entfernung nach der Chorde a b fig. 99. Diese relative Kraft läfst sich zerlegen in die beyden c b und b q, und da die letztere allein die Repulsion bewirkt; so ist $k = \frac{F}{D} \cos. abq = \frac{F}{D} \cos. \frac{1}{2} \alpha$. Es kann aber auch D durch den Winkel α ausgedrückt werden, wenn die halbe Länge der Nadel c b = dem Radius

$= r$ gesetzt wird; so ist $D = 2 r \sin \frac{1}{2} \alpha$, und hiernach ist $k = \frac{1}{2} F \cot. \frac{1}{2} \alpha$. S. Biot II. 229.

Mifst man dagegen mit Kugeln, welche an isolirenden Stäben herabhängen, deren Schwere nicht in Betrachtung kommt; so mufs das Gewicht derselben, womit sie herabzufallen streben, überwunden werden. Es sey dasselbe $= p$; so ist fig. 97 die zurückstofsende Kugel als unbeweglich angenommen, das Gewicht, womit die abgestofsene herabzufallen strebt, $p' = p \frac{n f}{n c} = p \sin. \frac{1}{2} \alpha$, die Kraft $= k$ aber, womit dieselbe zurückgestossen wird, ist nach dem Obigen $= F \frac{n f'}{n m} = F \cos. \frac{1}{2} \alpha$, und wenn beyde einander gleich gesetzt werden; so ist $F \cos. \frac{1}{2} \alpha = p \sin. \frac{1}{2} \alpha$, woraus $F = p \operatorname{tang}. \frac{1}{2} \alpha$ gefunden wird.

Sind aber beyde Kugeln beweglich und an nicht schweren, isolirenden Stäben aufgehangen, so werden fig. 100 beyde sich wechselseitig zurückstofsen, u. z. indem beyder Gewichte gleichgesetzt werden, und die nämliche Kraft die eine im Verhältnifs $\frac{a f}{a m}$, die andere im Verhältnifs $\frac{d b}{d n}$ zurückstöfst; so ist $F = 2 p \operatorname{tang}. \frac{1}{2} \alpha$.

Die Versuche von Coulomb, worauf das angegebene, und bis jetzt allgemein angenommene Gesetz gegründet ist, wurden mit der Drehwaage unter günstigen Bedingungen angestellt. Die Abstofsung betrug 36°, dann drehete er den Silberdrath rückwärts um 126°, und sie betrug noch 18°; dann drehete er denselben weiter bis 567°, und sie betrug noch 8°,5. Es waren daher

für 1 Entfernung	d. Kugel	36°	Kraft	d. Drehung	36°		
2	—	—	—	18°	—	—	144°
3	—	—	—	8°,5	—	—	575°

Im Allgemeinen sind die ersten Gröfsen im Verhältnifs 1 : ½ : ¼; die letzten : : 1 : 4 : 16, welches das umgekehrte des Quadrates der Entfernung ist. Zur genaueren Berechnung wird angenommen, dafs $k = \frac{F}{D^2}$ oder dafs die Repulsivkraft dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional sey. Es wird demnach nach der eben geführten Rechnung $D^2 = 4 r^2 \sin. \frac{1}{2} \alpha^2$, also $k = \frac{F. \cos. \frac{1}{2} \alpha}{4 r^2 \sin. \frac{1}{2} \alpha^2}$. Um hieraus F und r zu eliminiren, und

blofs unter sich vergleichbare Resultate zu erhalten sey $\frac{F \cos. \frac{1}{2}\alpha}{4 r^2 \sin. \frac{1}{2}\alpha} = n A$; so ist $\frac{F}{4 n r^2} = \frac{A \sin. \frac{1}{2}\alpha^2}{\cos. \frac{1}{2}\alpha} = A$ sin. $\frac{1}{2}\alpha$ tang. $\frac{1}{2}\alpha$. Hiernach ist

	α	A	A sin. $\frac{1}{2}\alpha$ tang. $\frac{1}{2}\alpha$
Vers. 1	— 36°	— 36°	— 3,614
2	— 18°	— 144°	— 3,568
3	— 8°,5	— 575°,5	— 3,169
angenommen	9°	— 576°	— 3,557

Diese Gröfsen stimmen genau genug überein, um das angegebene Gesetz der Abstofsung daraus abzuleiten. Vergl. Gren n. J. III. 51.

Eine Reihe genau übereinstimmender Versuche, welche H. Oberbaurath Simon mit einem eben so einfachen als zweckmäfsigen Apparate angestellt hat, einer feinen Waage, welche die Stärke der Abstofsung durch aufgelegte oder durch verschiebbare Gewichte mafs, führen deutlich auf das Gesetz einer den Entfernungen im einfachen Verhältnisse umgekehrt proportionalen Abstossung. S. G. XXVIII. 277. Ein gleiches Resultat erhielt auch Parrot S. G. LXI. 270, so dafs sich die Richtigkeit desselben hiernach kaum bezweifeln läfst. Vergl. §. 177.

Dafs die el. Anziehung dem nämlichen Gesetze als die Abstofsung folgt, liegt in der Natur der Sache.

§. 155.

Bey der Erregung der E. durch die verschiedenen Mittel, hauptsächlich durch Reibung ist nicht blofs zu berücksichtigen, dafs allezeit beyde E., u. z. an jedem der geriebenen Körper eine verschiedene, hervorgerufen werden, sondern es ist auch merkwürdig, dafs die nämlichen Körper unter verschiedenen Bedingungen des Reibens verschiedene E. geben, wobey die Art der erzeugten E. noch nicht für alle Körper genau bestimmt ist, und bey den vielfachen hierbey zu berücksichtigenden bedingenden Umständen vielleicht nie bestimmt werden kann.

Im Allgemeinen giebt geriebenes polirtes Glas stets + E. Harze und Schwefel stets — E. Nach Symmer in phil. trans. LI. 304. Vergl. Singer 20. geben

der Rücken einer Katze + mit jeder Substanz

mattgeschliffenes Glas + mit Wachstaffent, Schwefel, Metallen,
— mit Wollenzeug, Papier, Hand,
Turmalin + mit Bernstein,
— mit Diamant, Hand,
Hasenfell + mit Metall, Seide, Leder, Hand, Papier, getrocknetem Holz,
— mit feinerem Pelzwerk,
Weiſse Seide + mit schwarzer Seide, Metallen, schwarzem Tuche,
— mit Papier, Hand, Pelzwerk,
Schwarze Seide + mit Siegellack,
— mit Pelzwerk, Metallen, Hand, weisser Seide,
Siegellack + mit Einigen Metallen,
— mit Eisen, Reisbley, Bley, Wismuth, und fast allen übrigen Substanzen,
Dürres Holz + mit Seide,
— mit Pelzwerk.

Nach einer Menge Versuchen von Coulomb, aus dessen Handschriften mitgetheilt von Biot II. 354. werden die Körper auf folgende Weise electrisch. Warmes Papier wird — mit Wollenzeug und Metall, auſser wenn dieses polirt ist, in seltenen Fällen +. An weiſsen seidenen Zeugen —, auſser wenn dasselbe kalt ist, selten wenig +. An neuen schwarzen seidenen Zeugen gerieben allezeit +. Sind die Zeuge nicht ganz neu: so giebt das Papier, so lange es warm ist —, bald wird es o und einige Zeit nachher +. Weiſse Seide, erkaltet, giebt an polirten Metallen zuweilen schwach +, mit Sicherheit, wenn die Metalle sehr polirt sind; erwärmt allezeit —. Seidenes Zeug, in der Luft heftig geschwungen, wird —. Wollenes Zeug an polirtem Metalle kalt gerieben, giebt +, an nicht polirtem Metalle, oder erwärmt gerieben giebt —. Coulomb meint daher, daſs im Allgemeinen diejenigen Substanzen, welche bey der Reibung aneinander sich am meisten ausdehnen, —; diejenigen aber, welche sich am wenigsten ausdehnen, + el. werden. Wärme und rauhe Oberflächen geben daher die Disposition zur — E.

Mehrere Versuche mit verschiedenen und sehr interessanten Resultaten wurden angestellt von Hauy in Annal. du Mus. d'hist. nat. III. 309. v. Gersdorf bey G. XVII. 200. Vassali in Mem. de l'acad. de Turin V. 57.

Vergl. Cavallo a. a. O. II. 380. und d. Versuche von Arnim bey G. V. 33. u. v. a.

Ueber den Einfluſs der verschiedenen Gasarten und ihrer Dichtigkeit auf d. Erregung d. E. hat Dessaignes Versuche bekannt gemacht, wonach namentlich die Verdickung und Verdünnung d. Luft die Erzeugung der E. hindert. Sie verdienen erst genauere Prüfung. S. J. d. ph. LXXVIII. 207.

Von zwey gleichen Bändern wird dasjenige, welches nach der Länge gestrichen wird, + das andere —. Eine groſse Zahl anderer ähnlicher Modificationen S. de Lüc in Nicholsons J. XXVIII. 1. Kortum in Voigt Mag. X. 1. vergl. G. XXVIII. 209. Ritter el. System. 113. M. Libes in seinem a. Werke.

Einen interessanten und überzeugenden Beweis, daſs allezeit beyde E. erzeugt werden, und daſs die verschiedenen el. Körper sich gegenseitig anziehen und abstoſsen erhält man, wenn man verschiedenartige farbige pulverisirte Körper durch Leinwand auf el. Harzkuchen pudert, um die Figuren sichtbar zu machen. Am geeignetsten sind Zinnober oder Mennig mit pulv. Schwefel, Colophonium oder Bärlapsaamen gemengt. Sie werden durch das Pudern electrisch, und durch d. E. des Harzkuchens getrennt. S. v. Arnim bey G. V. 35.

§. 156.

So weit die Untersuchungen wegen unvollkommener Isolirung genügende Resultate geben, ist die Quantität beyder E. jederzeit gleich, weswegen eine hergestellte leitende Verbindung zwischen beyden, die E. hervorbringenden Körpern, den Zustand der Neutralisation wieder herbeyführt. Merkwürdig und anscheinend anomalisch ist es, daſs bey leitenden Körpern sich die E. durch die ganze Masse derselben verbreitet, bey nichtleitenden dagegen die nämliche E. in gleichen Quantitäten auf beyden Seiten erzeugt wird.

Das gleiche quantitative Verhältniſs der erzeugten E. läſst sich am besten an einer Maschine mit zwey isolirten Conductoren nachweisen, vorausgesetzt daſs die Oberflächen derselben sehr nahe gleich sind, denn widrigenfalls kann man aus dem Conductor des Reib-

zeuges + el. Funken erhalten. S. System d. atom. Physik 137. Die frühere Meinung, dafs zur Hervorbringung einer gröfseren Menge E. die Verbindung des einen Conductors mit der Erde erfordert werde, welche vorzüglich mit der Franklinischen Theorie S. §. 177 im Einklange stand, scheint nicht gegründet zu seyn. Ob aber, und in welcher Zeit die el. Spannung der Maschinen, oder die Aufhebung des el. Gleichgewichts durch das Reiben der idioelectrischen Substanz an dem Reibzeuge schwächer wird, oder ob sie durch anhaltendes Fortsetzen des Reibens endlich ganz aufhört, ist noch nicht durch Erfahrung aufgefunden.

Wenn die Nichtleiter auf einer Seite gerieben werden, so entsteht auf dieser freye E. aber in gleicher Intensität die gleichartige auch auf der andern Seite, und eben so verschwindet sie auf beyden, wenn sie nur an einer weggenommen wird. Auch diese Erscheinung hebt das Gesetz der Nichtleitung nicht auf. S. §. 158.

§. 157.

Wenn man einem leitenden Körper, auf dessen Oberfläche die erzeugte E. angehäuft ist, einen andern Körper nähert, so wird dieser letztere, wenn er gleichfalls ein leitender ist, durch Mittheilung eine den beyderseitigen Oberflächen proportionale Menge E. annehmen; ein nichtleitender dagegen wird nur dann E. annehmen, wenn er mit einem leitenden in Berührung ist, und in diesem Falle auf jeder Seite verschiedene E. erhalten.

Man nimmt fast allgemein an, dafs die E. in das Innere der leitenden Körper gar nicht eindringe, sondern blofs auf ihrer Oberfläche hafte, und Biot II. 263 glaubt dieses durch einen entscheidenden Versuch dargethan zu haben. Unleugbar scheint dieser Satz gegen die Natur der leitenden Körper zu streiten, und die Erscheinung des Schmelzens der Metalle durch die E. unerklärt zu lassen; obgleich ich die erforderlichen Versuche zum Beweise des Gegentheils noch nicht angestellt habe. Mir scheint jeder leitende Körper gleichsam den Kern zu bilden, um welchen sich die E. als Atmosphäre verbreitet, und durch welchen sie nach den Gesetzen der Attraction festgehalten wird, indem sie zugleich

nach Aufsen sich mit der entgegengesetzten zu sättigen oder durch diese zu neutralisiren strebt. Hieraus folgt 1) dafs blofs die Oberfläche der Conductoren, wodurch die Gröfse des Kernes der el. Atmosphäre gegeben ist, in Betrachtung kommt; 2) dafs die Gröfse der Conductoren zur Stärke der ihnen mitzutheilenden E. ein gewisses Verhältnifs haben mufs. S. Volta über d. Capacität der Leiter in phil. trans. LXXII. Vergl. Cavallo Abhandl. v. d. E. II. 140. (Es verdiente untersucht zu werden, wie stark die absolute Spannung der E. bey Kugeln von verschiedener Oberfläche seyn kann.) Indem nun aus eigenen Versuchen mir bekannt ist, dafs dünne Dräthe, wie grofs ihre Länge seyn mag, die Fortleitung der E. von einer gewissen Intensität nicht gestatten, so folgt 3) dafs eine Spitze die E. überall nicht festzuhalten im Stande ist, sondern dieselbe ausströmen läfst, unter andern Bedingungen aber auch anzieht. 4) Dafs bey Scheiben oder sonstigen leitenden Körpern, wenn sie electrisirt sind, die E. sich mit der entgegengesetzten E. des umgebenden medii zu sättigen, und daher nach Aufsen strebt, ohne dafs damit sich nicht zugleich ihr Wirkungskreis auch nach Innen erstrecken sollte. Zugleich aber mufs die Spannung nach den Enden hin stärker seyn, als in der Mitte, wie auch Coulombs Versuche beweisen. S. Biot II. 276. Vergl. die Berechnungen über d. Intensität d. E. auf verschiedenen Conductoren, und an verschiedenen Stellen derselben von Cavendish in phil. trans. LXI. 624. von Coulomb in Acad. des Sc. 1786 u. f. von La Place u. Poisson in Mem. de l'Inst. 1812. 5) Dafs Conductoren da, wo sie dünner werden, bis zu einer gewissen Grenze, die stärkste el. Spannung durch längere, aber zugleich dünnere Funken zeigen. Vergl. Biot II. 334.

Der Uebergang der E. von einem leitenden Körper zu einem andern durch einen nichtleitenden geschieht in Gestalt eines leuchtenden Funkens. Ueber Schlagweite, Funkenzieher, die Mittel, den el. Funken zu verlängern u. s. w. Am längsten wird der Funken, wenn er von einem + el. Conductor zu einem — el. Conductor übergeht.

Dafs ein isolirter Nichtleiter in Berührung mit einem electrisirten Leiter keine E. annehme, ist schwer auszumitteln, weil kaum ein absoluter Nichtleiter existirt. Nur unter sehr günstigen Bedingungen überzeugt man sich von der Richtigkeit der Behauptung. S. meine erste (in vielen Stücken unvollkommene für d. Electricitätslehre nicht unwichtige) Schrift: System d. atom. Phys. Hann.

1809. 125 ff. Indem aber selbst bey der Berührung der nichtleitenden Substanz mit der electrisirten leitenden die gleichnamige E. auf der entgegengesetzten Seite frey wird, bald nachher aber, wenn diese abgeleitet ist, die entgegengesetzte sich daselbst zeigt, so geht hieraus hervor, daſs die Entstehung dieser E. nichts anders seyn kann, als eine Trennung der beyden E. welche auch durch Nichtleiter hindurch bewirkt wird.

Auf dieser unleugbaren Eigenthümlichkeit nichtleitender Körper beruhet auch die Entstehung der sogenannten el. Atmosphären. Befindet sich ein electrisirter leitender Körper in einem nichtleitenden unbegrenzten Mittel, z. B. der atmosphär. Luft; so entzieht er derselben die ungleichnamige E. um sich damit zu sättigen, ohne daſs sich dieselbe jedoch durch das nichtleitende Medium bewegen, und zur Herstellung d. Gleichgewichts an die erregte des leitenden Körpers übergehen kann. Hierdurch wird also durch d. E. des leitenden Körpers die entgegengesetzte des umgebenden Medii gebunden, die gleichnamige aber frey, und diese letztere bildet die sogenannte el. Atmosphäre, welche auf der Oberfläche des Gesichts das Gefühl einer Berührung mit Spinnegewebe erzeugt. Nichtleitende Körper haben zwar gleichfalls eine el. Atmosphäre, allein sie ist von geringerer Gröſse und el. Intensität, weil die verschiedenen E. sich auf beyden Seiten binden.

§. 158.

Eine genauere Prüfung der Art, auf welche die Mittheilung der E. an leitende Substanzen vor sich geht, zeigt bald, daſs sie mit derjenigen im Wesentlichen identisch ist, welche bey den nichtleitenden statt findet. Hiervon überzeugt man sich leicht durch die Hervorbringung der E. durch Vertheilung.

Wenn man einem electrisirten Leiter einen Nichtleiter ohne ableitende Spitzen nahe bringt, so wird im Verhältniſs der Stärke der el. Spannung die gleichnamige E. an demselben frey, so daſs sie ihm durch Ableitung entzogen, und derselbe dadurch in einem bedeutenden Grade entgegengesetzt el. gemacht werden kann. Kommt in den Wirkungskreis dieses ersten, im Wirkungskreise eines electrisirten Leiters befindlichen isolirten Körpers

ein zweyter isolirter und sofort in einer willkührlichen Menge; so wird zwar eine Aufhebung des el. Gleichgewichtes in allen eingeleitet, aber nicht bleibend hervorgebracht werden, wenn nicht endlich eine Ableitung vorhanden ist, oder die Berührung eintritt. Da diese Erscheinung allgemein bey allen leitenden und nichtleitenden Substanzen statt findet; so ergiebt sich hieraus, mit Rücksicht auf die Erzeugung der E. durch Reiben evident, daſs die Hervorrufung der E. im Allgemeinen bloſs in einer Aufhebung des el. Gleichgewichtes, oder in einer Trennung der beyden E. besteht. Die Erzeugung der beyden E. durch Reiben, durch Mittheilung und durch Vertheilung ist daher im Wesentlichen ganz gleich, und besteht in einer zugleich statt findenden Entziehung der einen und Anhäufung der andern E. Gewöhnlich entzieht man dem genäherten Körper seine zurückgestoſsene E. durch genäherte Spitzen; allein dieses ist unnöthig, und man kann durch feine Versuche leicht zeigen, daſs ein dem + el. Conductor genäherter isolirter Körper wegen unvollkommener Isolirung — el. wird, und umgekehrt.

Die hier angegebenen unleugbaren Thatsachen scheinen mir einen evidenten Beweis abzugeben, daſs bey leitenden Körpern die E. nicht bloſs auf der Oberfläche aufgehäuft ist, sondern die ganze Masse durchdringt, aber nach Auſsen strebt, um sich mit der entgegengesetzten E. zu neutralisiren. Wäre nach aufgehobenem Gleichgewichte die E. im strengsten Sinne bloſs auf der Oberfläche verbreitet, so ist kein Grund vorhanden, warum dieses nicht auch im Zustande des Gleichgewichts der Fall seyn sollte, welche Annahme aber auf ganz unhaltbare Folgerungen führen müſste.

§. 159.

Wenn bey einem Nichtleiter das el. Gleichgewicht aufgehoben, mithin auf beyden Seiten desselben verschiedene E. erzeugt ist; so müssen sich diese wechselseitig durch Anziehung binden, und es kann keine derselben weggenommen werden, wenn nicht zugleich die andere eine Ableitung findet. Werden beyde durch einen dicht an die Flächen anschlieſsenden leitenden Körper mehr concentrirt, so läſst sich die Menge der auf-

gehäuften E. ungemein vermehren und ihre Wirkung verstärken. Man nennt diese Vorrichtung Verstärkungsflasche oder Leidener Flasche.

Aus der Eigenthümlichkeit nicht leitender Körper folgt, daſs die verschiedenen, auf beyden Seiten erzeugten E. durch die Masse des Körpers selbst nicht dringen und sich wieder ins Gleichgewicht herstellen können. Dagegen muſs die Neutralisation hervorgebracht werden, wenn alle sich gegenüberstehende Punkte des Nichtleiters nach einander durch einen Leiter in Verbindung kommen. Jede durch eine der drey Arten electrisirte Scheibe ist daher der eigentliche wesentliche Theil eines solchen Verstärkungsapparates. Weil aber auf die angegebene Weise das Gleichgewicht nur langsam hergestellt werden kann, so verbindet man alle Punkte jeder Seite, um die Vereinigung schneller zu bewirken, mit einer (etwas kleineren) leitenden Scheibe, und erhält hierdurch die Verstärkungsflasche.

Am genauesten lassen sich diese Gesetze durch die sogenannte zerlegbare Flasche anschaulich machen. Sie besteht aus einer Spiegelscheibe und zwey etwas kleineren, isolirten, metallenen Scheiben. Nennen wir die obere a; die untere b; so lassen sich folgende Modificationen wahrnehmen: 1) bringt man die Scheibe in Berührung mit einem Conductor, ohne Ableitung an der andern Fläche, und setzt die Flasche zusammen; so zeigt sich o E. Giebt man aber der andern Fläche Ableitung, oder bringt die Scheibe zwischen beyde Conductoren einer Maschine, und setzt die Flasche dann zusammen; so ist sie geladen.

2) Werden beyde Metallplatten mit einerley E. geladen, und der Apparat zusammengesetzt; so giebt derselbe keinen Ladungsschlag, und jede Platte behält ihre vorige el. Spannung. Werden sie aber mit verschiedenen E. geladen, so zeigt sich nach der Zusammensetzung nur eine geringe el. Spannung. Beydes ist Folge des Gebundenwerdens der gegenseitigen E.

3) Setzt man den isolirten Apparat zusammen, und giebt der einen Platte eine beliebige E. durch Mittheilung: so wird keine el. Spannung erzeugt. Giebt man aber einer der Platten eine Ableitung; so entweicht die gleichnamige E. und die Flasche ist geladen. Man zeigt dieses gewöhnlich, indem man eine Flasche an der andern ladet. Wäre die Isolirung vollkommen; so müſste

man eine beliebige Menge gleicher Flaschen auf diese Weise zu gleicher Spannung laden können.

4) Ist die Ladung auf die angegebene Weise bewerkstelligt, und a mit + E. geladen; so wird im ersten Zeitmomente nach der Ladung b + E. zeigen; nach einiger Zeit aber müfste bey vollkommener Isolirung weder a noch b freye E. zeigen. Wegen unvollkommener Isolirung dagegen, oder wenn man einer der beyden Platten eine Ableitung giebt, zeigt bey fortdauernden Zusammengesetztseyn des Apparates die Platte a + E. und die Platte b — E.

5) Nach der Zerlegung des Apparates dagegen zeigt jede derselben die der vorigen entgegengesetzte E.

Welche Leiter oder Nichtleiter man zur Construction der Flaschen nimmt, ist eigentlich gleichgültig; indefs eignet sich dünne Metallfolie zu ersteren und gut isolirendes Glas zu letzteren am besten, indem man erstere mit etwas Mehlkleister festklebt. Je besser das Glas isolirt, je gleichmafsiger und reiner es ist, desto geeigneter ist es zu Flaschen; auch mufs es nach der Stärke der Spannung eine proportionale Dicke haben, wenn es nicht zerspringen soll. Dafs sich die Flaschen aber so viel schwerer laden, je dicker das Glas ist, folgt aus der Natur der Sache.

Ueber die bequemste Form der Flaschen, ihre Verbindung untereinander zu einer el. Batterie, die verschieden modificirten Formen im Zaubergemälde, der Verschwörung, der Blitzscheibe, dem el. Trinkwasser u. a. desgleichen die Geschichte ihrer Erfindung durch v. Kleist, Cunaeus u. Muschenbroek. S. Gehler. Viele theils belehrende, theils belustigende Versuche enthält Meingosus Gälle Beyträge zur Erweiterung und Vervollkommnung der Electricitätslehre. Salzb. 1813 u. 16. 2 Bd. 8. z. B. ein Glas, etwa durch Hauchen inwendig befeuchtet, in der Hand gehalten, giebt eine Flasche; desgleichen ein Spiegel in seidenen Schnüren hängend, die Belegung oben, die Hand unten gehalten; zwey Personen, die eine isolirt, zwischen ihren ausgebreiteten flachen Händen eine Glasscheibe haltend, bilden eine Flasche, welche durch eine dritte entladen werden kann. Die el. Stubenthür, oder d. el. Geld u. s. w.

Weil das aufgehobene Gleichgewicht bey einem Nichtleiter, vorzüglich wenn derselbe etwas dick ist, nicht sogleich wieder hergestellt werden kann; so ladet sich eine entladene Flasche mit geringerer Spannung von selbst wieder. Man nennt diese Ladung dann das Residuum.

§. 160.

Ist bey einem Nichtleiter das el. Gleichgewicht durch Reiben aufgehoben, oder derselbe hierdurch electrisch gemacht; so wird er die ihm auf solche Weise ertheilte el. Spannung verhältnifsmäfsig länger, und unter günstigen Umständen sehr lange beybehalten. Vorzüglich ist dieses bey harzigen Körpern der Fall. Verbindet man sie dann mit zwey beweglichen, oder, wie gewöhnlich geschieht, mit einer beweglichen und einer unbeweglichen Belegung; so erhält man den von Volta erfundenen Apparat, welcher Electrophor, Electricitätsträger, auch beständiger Electricitätsträger genannt wird.

Es fällt in die Augen, dafs die zerlegbare Flasche zugleich ein Electrophor ist, wie besonders durch Webers sogenanntes Doppel-Electrophor bewiesen werden kann S. G. LI. 198. Man nimmt dazu selten Glas, meistens harzige Körper; z. B. gummi lac. in tab. 1½; terebinth. Venet. 1.; Colophon. 2; gummi mast. ½ Theile langsam zerlassen, ½ Stunde oder länger im ruhigen Flufs bey mäfsiger Hitze erhalten, und in eine erwärmte Form gegossen, giebt eine vorzügliche Mischung. Sonst kann man aus Siegellack, aus Schwefel mit Colophonium, Harz und etwas venet. Terpentin zusammengeschmolzen eine gute Mischung erhalten. Die entstehenden Blasen verschwinden durch genähertes heifses Metall.

Beym Electrophor unterscheidet man die Form, welche von Blech, oder Pappe, oder Holz, beyde mit Zinnfolie oder Silberpapier auch Goldpapier oder unächtem Gold- und Silberpapier überzogen seyn kann; den Kuchen und den Deckel oder die Trommel, welche durch seidene Fäden oder eine Glasstange isolirt seyn mufs.

Ist ein geriebener Electrophor isolirt, und eine Verbindung zwischen dem Deckel und der Form hergestellt; so wird nach Wegnahme dieser Verbindung keine el. Spannung wahrgenommen, weil die entgegengesetzten E. sich wechselseitig binden. Hebt man aber den Deckel in die Höhe; so mufs die Form — E. zeigen, indem der Deckel + E. hat. Wird dann der Deckel nach hergestelltem Gleichgewichte wieder aufgesetzt; so zeigt dieser — E; die Form dagegen + E. wodurch aus der

Verbindung beyder ein Flaschenschlag mit überwiegender — E. entsteht; Erscheinungen, welche mit denen im vorigen §. erzählten völlig identisch sind.

Ueber Lichtenbergs Doppel-Electrophor und dessen grofses Electrophor S. Goth. Mag. I. 42. desgleichen über ein noch gröfseres, welches in Wien verfertigt ist S. Gehler. Art. Electrophor.

§. 161.

So wie durch die Flasche die el. Spannung ausnehmend verstärkt, im Electrophor aber eine lange Zeit bleibend erhalten wird; so hat man nach den nämlichen Grundsätzen auch Apparate erfunden, durch welche sehr geringe Mengen vorhandener E. wahrgenommen werden können. Das erste und noch immer vollkommenste Werkzeug dieser Art wurde von Volta erfunden und Condensator genannt. Spätere Veränderungen haben dasselbe zwar nicht wesentlich verbessert, aber für den Gebrauch bequemer und sicherer gemacht. Die Construction desselben beruhet auf dem Gesetze, dafs die E. in den leitenden Körpern gebunden wird, wenn sie sich im wechselseitigen Wirkungskreise befinden, oder unvollkommene Leiter berühren. Cavallo's Collector oder El. Sammler ist nur der Form nach verschieden, und Bennet's Duplicator oder El. Verdoppler scheint selbst in der von Nicholson ihm gegebenen Verbesserung keine sichern Resultate zu geben.

Wenn man der oberen Belegung einer Flasche, deren untere ableitende Verbindung hat, so schwache E. mittheilt, dafs das el. Gleichgewicht in dem nichtleitenden Zwischenkörper nicht aufgehoben wird; so zeigt dieselbe bey fortdauernder Verbindung keine freye E., weil die vorhandene durch die entgegengesetzte der unteren Belegung gebunden wird. Bringt man dieselbe aber isolirt aus diesem Wirkungskreise, so wird die Bindung aufhören und freye E. wahrnehmbar werden. Eben dieses ist der Fall, wenn man eine isolirte leitende Platte

mit einem unvollkommenen Leiter in Berührung bringt. Diese letztere Beobachtung machte Volta, und gründete darauf seinen Condensator, indem er eine isolirte Metallplatte auf eine Scheibe Marmor, trocknes und überfirnifstes Holz, oder ein seidenes Tuch legte, ihr geringe Quantitäten E. zuführte, welche nach dem Aufheben derselben frey wurden und am Electrometer gemessen werden konnten S. phil. trans. LXXII. p. 1. Späterhin entdeckte man, dafs diese mehr oder weniger vollkommenen Nichtleiter oft selbst E. durch Druck und geringe Reibung erzeugten, und Lichtenberg schlug daher eine dünne Luftschicht als nichtleitendes Zwischenmittel vor, wonach also zwey Metallplatten vermittelst drey kleiner Glasstückchen von einander getrennt werden. Noch zweckmäfsiger ist es, die Trennung durch drey Tropfen Siegellack zu bewerkstelligen S. Mayer Naturl. 469. Auch ein blofser dünner Ueberzug von Goldfirnifs über polirte Messingplatten ist hinreichend. S. Biot II. 361. wenn nicht auch dieser durch Druck und geringe Reibung eigene E. erzeugt.

Einige spätere Vorschläge zu Verbesserungen sind von keiner grofsen Bedeutung S. Cuthberson bey G. XIII. 208. Wilson ebend. XLII. 376.

Cavallo's Collector ist mehr der Form als dem Wesen nach verschieden. Er besteht aus einer isolirten lothrecht stehenden metallenen Scheibe zwischen zwey gleich grofsen, durch eine dünne Luftschicht getrennten nicht isolirten. Ist die erstere im gemeinschaftlichen Wirkungskreise der beyden letzteren durch Mittheilung mit gebundener E. geladen; so werden diese beyden letzteren horizontal niedergelegt, und die gebundene E. wird frey. S. Gren J. I. 275. Vergl. Gehler V. 296.

Bennets Duplicator beruhet auf den nämlichen Grundsätzen, allein die drey isolirten Scheiben, woraus derselbe besteht, und welche abwechselnd horizontal über einander gelegt die erzeugte E. durch ihren gegenseitigen Wirkungskreis binden, erregen eben hierdurch selbst nach den Versuchen von Cavallo eine oft sehr merkliche el. Spannung, weswegen dieser den Gebrauch des Apparates verwirft. Hierüber und über Nicholsons Vorschlag zur Verbesserung desselben S. Gren J. I. 49. II. 61. G. XVII. 414. Vergl. Bohnenberger Beschreibung unterschied. Electricitätsverdoppler. Tüb. 1798. Gilbert über d. Instrumente, welche bestimmt sind sehr kleine Grade von E. zu verstärken und merkbar zu machen. in Ann. IX. 121. Desormes u. Hatchet ebend. XVI. 414.

§. 162.

Da es keinen vollkommenen Nichtleiter der E. giebt, und selbst in den vollkommensten durch den Einfluſs eines electrisirten Körpers das bestehende Gleichgewicht aufgehoben und electrische Spannung hervorgebracht werden kann; so folgt hieraus von selbst, daſs bey allen Körpern auch das aufgehobene Gleichgewicht wieder hergestellt und der Zustand nicht vorhandener el. Spannung wieder eintreten muſs. So sehr dieses mit der Erfahrung übereinstimmt, so schwer ist es, alle die Bedingungen aufzufinden, welche auf die hierzu erforderliche Zeitdauer Einfluſs haben. Vor allen Dingen gehört hierunter verbreitete Feuchtigkeit und Dampf. Der mögliche oder wahrscheinliche Einfluſs der Temperatur ist noch nicht untersucht; im Allgemeinen aber scheint unter übrigens günstigen Bedingungen die el. Spannung bey isolirten Körpern in der atmosphärischen Luft in einer geometrischen Progression abzunehmen, indem die Zeiten die Exponenten der abnehmenden Intensitäten sind.

Gäbe es einen absoluten Nichtleiter, und würde das el. Gleichgewicht nicht selbst durch die Masse der Isolatoren wieder hergestellt; so müſste eine mit Schellack völlig verschlossene geladene Flasche ihre E. stets behalten, was gegen die Erfahrung streitet. Wird einem electrisirten Körper die mitgetheilte E. durch kleine, bey Nichtleitern beyde Seiten abwechselnd berührende isolirte Körper in kleinen Quantitäten allmälig entzogen; so verlieren sie dieselbe schneller als ohne dieses. Man macht dieses sichtbar am el. Glockenspiele und der sich selbst entladenden Flasche. Nichtleiter halten auf allen Fall die E. länger fest, als Leiter, und am längsten, wenn ihre Flächen mit leitenden Körpern verbunden sind. Daher eine geladene Flasche länger als eine electr. Glastafel, ein Electrophor länger als eine Harzplatte, am längsten unter günstigen Bedingungen ein Electrophor, welcher auch deswegen den Namen: beständiger Electricitätsträger mit Recht verdient. Unter günstigen Bedin-

gungen behalten gute Electrophore eine merklich starke E. leicht ein ganzes Jahr (der Monat September scheint nach meinen Erfahrungen am ungünstigsten zu seyn), und die letzten Antheile der el. Spannung verlieren sie wahrscheinlich niemals. Am nachtheiligsten auf die Fortdauer der el. Spannung wirkt der Wasserdampf, obgleich die eigenthümliche Art dieser Wirksamkeit noch nicht aufgefunden ist. Auch starke Hitze ist schädlich.

Nach Coulomb's Versuchen nimmt unter günstigen Bedingungen der Isolirung und bey geringer el. Spannung die Intensität in gleichen Zeiten um gleiche Gröfsen ab. Ist demnach die ursprüngliche Intensität $= i$; die Zeit in Minuten $= t$; die Verminderung in einer Minute $= \frac{1}{m}$; so ist $i' = i\left(1 - \frac{1}{m}\right)^t$. S. Biot II. 244. Frühere Versuche von Cavallo geben sehr verschiedene Resultate. Er fand, dafs zu den Graden der Intensitäten = 16; 8; 4 die Zeiten 1; 3,5; 17 gehörten. Hiernach wäre wenigstens $i' = \frac{i}{\sqrt{t}}$ oder $\log. i' = \log. i - \frac{1}{2} \log. t$. S. Gehler V. 404. Coulombs Versuche scheinen der Natur mehr angemessen zu seyn, sind viel zahlreicher und unter sich sehr übereinstimmend. Indefs verdient die Sache immer noch eine genauere Prüfung.

Bey der Herstellung des el. Gleichgewichts kommt die Form und Ausdehnung des Körpers, woran sie gebunden ist, nebst der Stärke der el. Spannung sehr in Betrachtung. Spitzen lassen die E. sehr schnell aus sich ausströmen. S. §. 157. Merkwürdig ist dabey, dafs die E. nach Art aller expansibelen Flüfsigkeiten, bey diesem Ausströmen eine starke Reaction ausübt. Hierauf gründen sich die el. Spindel, und die zahlreichen Apparate, welche man durch dieses mechanische Mittel in Bewegung setzt, als die el. Mühle, der Kegelschieber, die Spieluhr u. a. m. Auch nach Aufsen übt die ausströmende E. eine mechanische Gewalt aus, wie das Flugrad fig. 101. zeigt.

Eine interessante Vorrichtung, um die Herstellung des el. Gleichgewichts bey Flaschen zu zeigen, hat Richmann angegeben. S. Biot II. 390. Eine belegte Glastafel fig. 102 wird isolirt aufgehangen, an beyden Seiten die Spannung, nachdem die Flasche geladen ist, und beym Laden durch die Electroscope α. α. beobachtet, und gleichfalls nach beendigter Ladung, indem die eine

Seite B in ableitender Verbindung, oder die ganze Flasche isolirt ist.

Sollte die E. wohl der Haarröhrchen-Anziehung unterworfen seyn? Es scheint mir dieses daraus zu folgen, dafs Glasröhren mit feinen Rissen, wodurch weder Wasser noch Luft dringt, nicht mehr isoliren.

§. 163.

Wenn nach allen diesen Thatsachen die Erregung der E. blofs in einer Aufhebung des natürlichen Gleichgewichts derselben oder des Zustandes der Sättigung besteht; so müssen wir voraussetzen, dafs bey der Herstellung dieses Gleichgewichts beyde E. gleichfalls vorhanden sind, und die ungleich electrisirten Körper sich zugleich mit der entgegengesetzten E. wieder sättigen. Hiernach können wir nicht umhin, anzunehmen, dafs beyde E. im electrischen Strahle neben einander gehen, und bey Spitzen zugleich Ein- und Ausströmung der entgegengesetzten E. statt findet. Die Zeit, in welcher die E. den erforderlichen Raum durchläuft, scheint sehr klein, aber nicht unendlich klein zu seyn.

Zur Annahme dieser Behauptung berechtigen ausser der Gesammtheit der erwähnten Erscheinungen namentlich auch diese, dafs man bis jetzt noch nicht bestimmt hat entscheiden können, ob z. B. der + el. Funke aus dem Conductor oder in denselben strömt, die meisten Physiker aber der Meinung sind, dafs zwey Funken einander begegnen. S. Remer bey G. VIII. 332. XVII. 25. Knoch ebend. XXII. 108. Mayer Naturl. 441. Hildebrandt II. 761. Ferner dafs bey einer Electrisirmaschine, wenn man beyden Conductoren Ableitung giebt, und sie längere Zeit in Wirkung erhält, nach dem Dualismus S. §. 177. eine unendliche Menge E. als vorhanden seyend vorauszusetzen wäre. Es sprechen ferner dafür das Gegeneinander-Strömen der Lichtpüschel, wenn man der kleineren Kugel eines grofsen Conductors die Hand oder eine andere Kugel bey grofser Intensität der Spannung nähert; vorzüglich die Strömungen im luftverdünnten Raume. S. Hildebrandt bey Schweig. I. 237. Die Entla-

dung einer Flasche durch Kartenblätter, die Wirkungen des Blitzes und viele andere Erscheinungen berechtigen gleichfalls zu dieser Annahme. Ein sehr überzeugender Versuch ist der von Ekmark angegebene. Wenn man eine unten belegte Glasplatte oben mit trocknen Schwefelblumen oder fein pulverisirten harzigen Substanzen bestreuet, zwey mit entgegengesetzten E. geladene gleiche Flaschen in 2 bis 3 Z. Abstand von einander darauf setzt, und sie durch gegenseitige Verbindung entladet; so bezeichnet ein Weg mit den + und — el. Figuren den Gang der wiederhergestellten E. S. Berzel. I. 76. Voigt Mag. 1801. St. 4. p. 667. G. XXIII. 431. Scheinbar beobachten wir blofs die Bewegung der + E. weil diese die stärkste Spannung besitzt. S. §. 177. Dafs aber die E. unter jeder Bedingung aus den Spitzen ausströmt, und dieses durch ein fühlbares Wehen kenntlich macht, berechtigt unbedingt zu dieser Annahme. Vergl. Berzelius I. 69.

Dafs die Bewegung der E. sehr schnell, aber nicht unendlich schnell, und langsamer als die des Lichtes sey, sieht man an der Bewegung des Blitzstrahles, woran man Anfang und Ende unterscheiden kann. S. Helvig bey G. LI. 137. Watson wollte 1747 die Geschwindigkeit derselben bey der Herstellung des Gleichgewichtes zwischen den beyden Belegungen einer Flasche prüfen, und führte daher die entladenden Dräthe 2 engl. Meilen hin und durch feuchte Erde zurück, ein anderesmal über die Themse und durch das Wasser derselben zurück, ohne die Zeit der Bewegung durch diese Räume mefsbar zu finden. Hierbey ist aber die Frage, ob die Bewegung durch diese Räume erst im Momente der Berührung anfing, oder ob nicht eine Disposition zur Herstellung des Gleichgewichts schon früher durch den el. Wirkungskreis eingeleitet war.

Singer zieht überhaupt die Genauigkeit dieser Versuche in Zweifel S. a. a. O. p. 93.

§. 164.

Die Wirkungen der E. sind sehr mannigfaltig. Ob ein Einflufs derselben auf die organische und unorganische Natur auch dann statt findet, wenn sie in dem gewöhnlichen Zustande des Gleichgewichtes ist, oder ob die Wirksamkeit derselben erst mit und durch die Aufhebung und Wiederherstellung desselben eintritt, ist noch un-

entschieden. In diesem letzteren Zustande aber äufsert sie sich aufser der genannten Anziehung und Abstofsung noch vorzüglich durch die bekannten Licht-Entwickelungen, wobey die Eigenthümlichkeiten des Lichtes der + und — E. noch nicht völlig entschieden sind.

Ueber den Einflufs der E. auf die organische Natur S. §. 167.

Da es überall keinen Körper giebt, welcher ohne E. wäre, und sich die Quantität der in jedem Körper vorhandenen gebundenen E. auf keine Weise bestimmen läfst; so scheint es unmöglich, den Einflufs derselben im Zustande des Gebundenseyns überhaupt kennen zu lernen. Dabey bleibt es unentschieden, welchen Zweck diese oft so mächtig wirkende Potenz im Reiche der Natur hat.

Wie grofs die absolute Stärke der el. Repulsion oder Attraction unter den verschiedenen Bedingungen sey, ist noch nicht durch Versuche ausgemacht, und eben so wenig ob die Art der E. in dieser Hinsicht einen Unterschied macht.

Die E. zeigt einen Lichtschein im Funken, welcher Nichtleiter, hauptsächlich die Luft durchbricht. Biot u. Morgan S. Ann. de Chim. LIII. 321 u. phil. tr. LXXV. 198. Biot II. 463 leiten diese Licht-Entwickelung aus der Compression der Luft beym schnellen Durchgange der E. ab, wogegen das stärkere Licht in verdünnter Luft und das mit dem in atmosphärischer Luft erzeugten gleichstarke im möglichst genauen Vacuo streitet. Beym Ausströmen der E. aus Spitzen oder verhältnifsmäfsig kleinen Kugeln zeigen sich Lichtpüschel oder bey — E. Lichtpunkte. Vorzüglich schön sind die Lichtstreifen, welche den luftverdünnten Raum durchströmen. Franklins Röhre; leuchtende Barometer u. a. S. J. Bernouilli de mercurio lucente in vacuo. in opp. II. 112. Im möglichst leeren Raume gehen diese Lichtstreifen wieder in Funken über. S. System d. at. Ph. 185. Hildebrandt bey Schweig. I. 237.

Im Allgemeinen ist das Licht der + E. stärker und glänzender als der — E. die Funken derselben sind unter gleichen Bedingungen länger und dicker, auch kann man einen schwer zu beschreibenden Unterschied des Leuchtens beyder im luftverdünnten Raume wahrnehmen. Genauere Bestimmungen der Farbe und Intensität

des Lichtes sind aber noch zu wünschen. Vergl. Hildebrandt a. a. O.

§. 165.

Unter den Wirkungen der E. verdient vorzüglich die mechanische Gewalt ausgezeichnet zu werden, womit dieselbe bey ihrem Fortgange oft gegen verschiedene Körper stöfst, sich einen Weg durch Nichtleiter oder schlechte Leiter bahnt, und diese zum Theil oder gänzlich zerstört. Auch die drehende Bewegung, welche den Wasserhosen und Landtromben eigen ist, und die furchtbaren Wirkungen, welche diese hierdurch äussern, sind ohne Zweifel als eine Folge electrischer Thätigkeit anzusehen.

Die merkwürdigsten Ercheinungen mechanischer Gewalt, welche die E. im Blitzstrahle vorzüglich beym Zu- und Ab-Sprunge ausübt, werden in der Meteorol. erzählt.

Selten ist der einfache Strahl der Maschinen so stark, dafs er eine ausgezeichnete mechanische Wirkung hervorbringt, indefs durchbohrt derselbe das Glas, wenn man eine Phiole mit Olivenöl füllt, einen Drath durch einen Kork mit der Seitenwand in Berührung bringt, und von Aufsen den Knöchel anhält. S. Singer 101. Auffallend ist dieselbe dagegen beym Batteriefunken. Dahin gehört die gewaltsame Ausdehnung der Luft beym Durchgange des Batteriefunkens durch dieselbe, wie dieses durch Kinnersley's Luftthermometer angezeigt wird, S. Langenbucher pract. Electricitätslehre p. 45, desgleichen durch die elfenbeinernen el. Mörser nach Singer p. 98; das Zerstreuen des Staubes, Schiefspulvers oder sonstiger kleiner Körper; das Durchbohren der Kartenblätter, Zerschlagen von Glasscheiben, wenn man die Kanten derselben zwischen die leitenden Dräthe des allgemeinen Entladers bringt, oder dünner Glasscheiben, die Dräthe gegen die Flächen gerichtet; das Zerreifsen zusammengeleimter Stücke Holz mit zwischenliegenden unterbrochenen, dünnen Metallstreifen, oder kleiner Stücke gedörrten Holzes, in welches man zwey gegen einander gerichtete metallene Spitzen gesteckt hat. Der Harlemer Apparat übt hierbey eine Gewalt aus, welche man auf 9840 ℔ berechnet. S. v. Marum a. a. O. Auch gläserne

und metallene, mit Wasser gefüllte Röhren werden mit einer unglaublichen Kraft durch den Batteriefunken zersprengt S. G. XXIV. 310. u. a. Erscheinungen mehr.

Ueber die furchtbaren Wirkungen der Landtromben S. Meteorologie.

§. 166.

Eine zweyte Wirkung der E. ist das Entzünden brennbarer Substanzen. Sie ist so viel merkwürdiger, da die E. an sich nicht erwärmend wirkt, weder auf das Gefühl noch auf thermoskopische Substanzen. Am leichtesten und mit dem kleinsten Funken entzündet sie Wasserstoffgas und Knallgas, der gröfsere, nicht verstärkte Funken zündet Naphta, erwärmten Weingeist, Kampfer und Phosphor; der Flaschenfunke entzündet Bärlapsamen, pulverisirtes Colophonium und sonstige Harze, dagegen keinen Zündschwamm, und Schiefspulver nur bey geschwächter Leitung. Bey sehr unvollkommener Leitung zündet derselbe auch Zündschwamm, selbst an der Oberfläche des menschlichen Körpers, ohne die Empfindung der Wärme hervorzubringen. Das Verkalken der Metalle, und Einbrennen derselben in Glas scheint zugleich die Folge einer chemischen Action und nicht blofs der erzeugten grofsen Hitze zu seyn.

Dafs Menschen durch den el. Strom keine Wärme, vielmehr Kälte empfinden, und dafs ihre Temperatur überhaupt durch Electrisiren nicht erhöhet wird, ist ausgemacht. S. v. Marum bey G. I. 88. Weder Weingeist- noch Luft-Thermometer steigen, wenn man sie mit einem el. Conductor in Berührung bringt, auch Quecksilberthermometer nicht, und selbst ein sehr feines, zu diesem Zwecke besonders eingerichtetes, mit einer kleinen Stahlspitze im Cylinder versehenes Thermometer zeigt weder am + noch am — Conductor einer starken Maschine die mindeste Veränderung. Es kann demnach in der E. an sich keine Wärme vorhanden seyn, wenn dieselbe gleich durch den Batteriefunken aus Holz und

andern schlecht leitenden Substanzen entbunden wird. S. v. Marum bey Gren III. 1. G. I. 247.

Auf die leichte Entzündlichkeit des Knallgas und Wasserstoffgas ist, aufser Volta's Eudiometer S. §. 79. die el. Pistole (Pickel's Vorrichtung zum geschwinden Laden derselben S. Ingenhoufs verm. Schriften I. 285), das Donnerhaus nebst sonstigen Spielereyen und die el. Zündlampe gegründet. Letztere wurde von Fürstenberger erfunden S. Description et usage de quelques lampes à air inflammable par M. Ehrmann. Strasb. 1780. und von Polcastro unvortheilhaft mit einem Schlosse versehen. Gute Naphtha wird durch den el. Funken leicht, Weingeist schwieriger und meistens nur nach vorgängiger Erwärmung entzündet. Kampfer auf den Conductor der Maschine gelegt und angezündet, dann ausgeblasen, kann leicht durch die el. Funken entzündet und wiederum durch eine nur stumpfe Spitze ausgeblasen werden Die Entzündung des pulverisirten Harzes, wodurch das Einschlagen des Blitzes nachgeahmt wird, ist nicht allezeit sicher.

Um Schiefspulver sicher zu zünden vermischt man dasselbe zuweilen mit Metalltheilchen, durch deren Glühen die Entzündung unfehlbar herbeygeführt wird. Interessanter ist es, die Nichtentzündlichkeit desselben selbst durch den stärksten Batteriefunken zu zeigen, welcher dasselbe blofs umherzustreuen pflegt. Wenn man dagegen die Leitung des el. Stromes durch einen zwischengelegten nassen Bindfaden schwächt, so erfolgt die Entzündung unfehlbar. Die merkwürdigste Erscheinung ist ohne Zweifel, dafs der stärkste Funken den Zündschwamm zwar durchlöchert, aber nicht entzündet. Dagegen läfst sich derselbe, wenn er in eine feine Spitze zusammengedrehet ist, allerdings an der inneren Belegung einer geladenen Flasche oder an der Oberfläche des Körpers eines Menschen, welcher mit dieser Belegung isolirt verbunden ist, ohne die Empfindung der Hitze zu erzeugen, leicht und sicher entzünden.

Alle Metalle, ohne Unterschied ihrer Strengflüfsigkeit, werden durch einen hinlänglich starken Funken glühend gemacht, verbrannt oder gar in feinen, wie ein Rauch aufsteigenden Kalk verwandelt. Im möglichst luftleeren Raume kommen sie indefs (wenigstens Stahldrath und wahrscheinlich alle Metalldräthe) blofs zum kurzen, sehr schnell vergänglichen Glühen, und das Verbrennen ist daher eine Folge der Säuerung mit dem Sstgas der atmosphärischen Luft. Da die E. nach den angeführten

Beweisen nicht selbst heifs ist, so kann dieses Phänomen nicht wohl anders, als aus einer, der E. eigenen chemischen Action erklärt werden, worauf die Reduction des Knallsilbers gleichfalls führt. Nähert man eine Kleinigkeit desselben auf einer Messerspitze dem Conductor einer Maschine nach dem Verhältnifs ihrer Stärke auf 3 bis 12 Fufs und darüber, so explodirt dasselbe, eine Wirkung, welche weder aus der Hitze noch aus dem mechanischen Drucke erklärt werden kann. Uebrigens ist die, Metalle oxydirende und schmelzende Kraft der E. so stark, dafs beym Entladen selbst kleinerer Flaschen der Metallknopf des Henley'schen Entladers fast immer etwas weniges an die äufsere, unmittelbar berührte Belegung geschmolzen wird, und der über Glas geleitete Batteriefunke meistens einen Ueberzug oxydirten Metalles zurückläfst. Legt man eine blanke kleine Münze zwischen den Knopf und die äufsere Belegung, so wird sie durch den Entladungsschlag festgeschmolzen. Mehrere Physiker, unter andern Biot, leiten das Glühen der Metalle vom Drucke ab, welchen die E. ausüben soll. Es scheint mir dieses gegen die anerkannte grofse Expansion derselben zu streiten.

§. 167.

Insbesondere darf die chemische Wirksamkeit der E. nicht übersehen werden. Sie ist am stärksten bey der durch Berührung heterogener Metalle hervorgebrachten E. S. §. 178. zeigt sich aber gleichfalls bey der durch Reibung entwickelten, obwohl in einem, in Vergleichung mit der el. Spannung beyder, verhältnifsmäfsig sehr geringen Grade, sowohl zerlegend als auch zusammen verbindend. Ob der specifische Geruch und ein diesem ähnlicher Geschmack, welche die E. hervorbringt, gleichfalls einer chemischen Zerlegung zuzuschreiben sind, oder von einer unmittelbaren Einwirkung einer der E. eigenthümlichen Grundlage herrühren, ist schwer zu entscheiden.

Die chemische Kraft der E. zeigt sich insbesondere durch die Zerlegung des Wassers in seine Bestandtheile S. v. Marum J. d. ph. XXXV. 369. Ritter bey G. IX. 1.

Wegen der mechanischen Gewalt, welche die E. gegen das schlecht leitende Wasser ausübt, ist es schwer, diese Wirkung vermittelst des Batteriefunkens zu erhalten, um so mehr, da der einfache Funke nur selten zur Zerlegung des Wassers stark genug ist. Am leichtesten ist der Versuch, wenn man nach v. Marum S. ann. de chim. XLI. 77. G. XI. 220. sehr feine Dräthe in Haarröhrchen einschmelzt, diese unten abschleift, so dafs die Enden der Dräthe metallisch zum Vorschein kommen, diese Röhrchen in eine gröfsere Röhre mit Wasser bis zur Entfernung von etwa 0,5 Zoll von einander einsenkt, und mäfsige Flaschenschläge wiederholt hindurch leitet. Vergl. Wollaston in phil. trans. XCI. 427.

Läfst man el. Funken anhaltend vermittelst zweyer Dräthe durch Lackmustinctur, oder über nasses, mit Lackmus gefärbtes Papier schlagen, so zeigt sich eine Röthung am positiven Drathe.

Atmosphärische Luft in einer Röhre anhaltend durch den einfachen Funken electrisirt erzeugt Salpetersäure mit starker Raumverminderung, nach Cavendish. S. phil. tr. LXXV. p. 372 und LXXVIII. p. 261. Auch kohlensaures Gas, anhaltend durch Funken electrisirt, wird zum Theil in Kohlenoxydgas durch Abgeben eines Theils Sauerstoff an die Metalle verwandelt. S. Saussure bey G. XIII. 129. Mehrere solche chemische Verbindungen S. Singer 129.

Hierher gehört wahrscheinlich auch die Ausscheidung des Lichtes aus phosphorescirenden Substanzen, z. B. wenn man den verstärkten Funken über ein Stück Kreide schlagen läfst, oder Cantonschen Phosphor in Glasröhren an den el. Conductor hält. S. Nicholson J. XV. 281. XVI. 101. XIX. 153. Auch Eyer, Obst u. a. Körper geben einen Lichtschein, wenn der el. Funke hindurch geht, selbst ein Finger, ein Stück Pfeifenthon oder Bimsstein werden leuchtend, wenn man sie über eine hölzerne Rinne legt, in welcher die Dräthe des allgemeinen Entladers 0,5 Zoll von einander abstehen. S. Singer 133.

Das Magnetisiren des Eisens im magnet. Meridian durch starke Batteriefunken gehört unter die merkwürdigsten Wirkungen der El.

§. 168.

Sehr merkwürdig, zugleich aber noch keineswegs hinlänglich erforscht ist endlich der Einflufs der E. auf den lebenden Organismus sowohl

der vegetabilischen als auch der animalischen Natur. Hinsichtlich des ersteren ist noch nicht ausgemacht, ob aufser der mechanischen Bewegung die Pflanzen überhaupt durch die E. afficirt werden. Dagegen ist ihre Wirksamkeit auf den animalischen Lebensprocefs keinen Augenblick zu verkennen, indem das Nervensystem von dem schwächsten bis zum heftigsten, die Thätigkeit desselben und den ganzen organischen Procefs zerstörenden Reitze ihrem Einflusse unterworfen ist.

Ueber den Einflufs der E. auf die Vegetation geben die verschiedenen Beobachtungen und Versuche sehr verschiedene Resultate, indem einige behaupten, dafs der Vegetationsprocefs durch dieselbe erhöhet, andere, dafs er unterdrückt werde, noch andere bezweifeln alle Einwirkung derselben auf lebende Pflanzen. Letzteres scheint, sofern von den Wirkungen der ausströmenden einfachen E. die Rede ist, als Endresultat der vielen Versuche das Wahrscheinlichste zu seyn. S. v. Marum bey G. I. 112. Indefs tödtet ein starker Flaschenschlag allerdings auch das Leben in den Vegetabilien, namentlich den Weidenästen. S. v. Marum bey G. I. 256. Am ausführlichsten über diesen Gegenstand mit sehr vollständiger Literatur ist Ritter in münchener Denkschr. 1809 u. 10. Vergl. Nasse bey G. XLI. 392.

Der Einflufs der E. auf den animalischen Organismus ist schon deswegen keinen Augenblick zu bezweifeln, weil sie durch die Nerven so lebhaft und stark empfunden wird. Man fafst das Ganze meistens unter dem Ausdrucke der medicinischen E. zusammen. Ehemals hielt man dieselbe für ein Universalmittel gegen jede Krankheit, wovon man später zurückgekommen ist, und sie mehr, als billig hätte geschehen sollen, vernachläfsigt hat. Im Allgemeinen gehen aus eigenen sowohl als aus fremden Erfahrungen folgende Resultate hervor.

1) Um die E. in den erforderlichen Fällen mit Erfolg anzuwenden, darf man keine zu kleine Maschine gebrauchen. Eine Scheibe von 18 bis 28 par. Zoll d. ist zur gehörigen Wirksamkeit erforderlich.

2) Da wir die E. nicht im Zustande des Gleichgewichts, sondern blofs nach Aufhebung desselben kennen; so scheint hiernach der Unterschied zwischen den

Wirkungen der + und — E. minder bedeutend; auch giebt die Erfahrung über einen solchen Unterschied keine Auskunft.

3) Die Mittheilung der E. ist wirksamer, wenn man den Menschen auf dem Isolatorio electrisirt und ihm die erhaltene E. an einzelnen Theilen durch genäherte Leiter entzieht, als wenn man gegen einzelne Theile desselben im Zustande der Nichtisolirung die E. aus einem geladenen Conductor strömen läſst.

4) Im Allgemeinen ist die E. ein Reitzmittel, und als solches vielleicht eins der stärksten, wo nicht überhaupt das stärkste. Dasselbe kann daher nur in denjenigen Fällen angewandt werden, wenn bey verminderter Thätigkeit ein Reitz, vorzüglich der Nerven und der Organe überhaupt, erforderlich ist, insbesondere bey Rheumatismen, Apoplexieen, Stockungen der Säfte, Unthätigkeit der Muskeln, Lähmung u. s. w.

5) Am schwächsten und ohne leicht möglichen nachtheiligen Erfolg kann die E. durch scharfe metallene Spitzen mitgetheilt werden, stärker durch stumpfe oder hölzerne Spitzen, durch kleine Kugeln, und mit immer wachsenden Kugeln in steigender Progression bis zu den stärksten Funken. Flaschenschläge dürfen nur mit Vorsicht und bloſs bey gröberen Organen angewandt werden, weil sie leicht überreitzen und dadurch völlige Unthätigkeit herbey führen können.

6) Die Wirkung dieses Mittels ist meistens momentan, und in den geeigneten Fällen nur sehr selten ausbleibend. Indeſs ist eine längere Anwendung desselben oft nothwendig und nicht selten von günstigem Erfolge.

Einige Menschen sind mehr, andere weniger empfindlich gegen den Einfluſs der E. Von einer gänzlichen Unempfindlichkeit gegen dieselbe ist bis jetzt noch kein Beyspiel bekannt, indem das einzige, bisher angegebene, S. G. XIV. 423, auf keinem sicheren Grunde beruhet. S. Stieglitz über d. thier. Magnet. Hann. 1814. p. 31.

Die erforderlichen Apparate (welche oft zusammengesetzter eingerichtet werden als nöthig ist) sind hiernach leicht zu bestimmen.

Ueber das Tödten kleiner und gröſserer Thiere, insbesondere der Fische, welche gegen den Einfluſs derselben sehr empfindlich sind, S. Gehler. Vergl. Raschig bey G. XXXI 204.

Zur Literatur S. New thoughts on medical electricity, cet. Cumberlage 1782. 8.

Rapport sur les avantages reconnus de la nouvelle methode d'administrer l'electricité (par Comus). Par. 1783.

De l'electricité du corps humain dans l'état de la santé et de la maladie cet. par Bertholon de St. Lazare. Par. 1780. 12.

Mémoire sur l'electricité medicale cet. par M. de Cazeles. Par. 1782.

J. G. Bökh Beyträge zur Anwend. der El. auf den menschl. Körper. Erlangen 1791.

K. G. Kühn Geschichte d. med. Electr. 2 vol. Leipz. 1783 u. 85.

Tib. Cavallo Vers. über d. Theorie u. Anwendung d. med. E. a. d. Engl. Leipz. 1792.

Paets v. Troestwyk, Krayenhof u. Deimann von d. guten Wirkungen d. E. in verschiedenen Krankheiten. a. d. Holl. von Kühn. Leipz. 1793. 2 vol.

Dissertatio inaug. medica, sistens experimenta quaedam influxum electricitatis in sanguinem et respirationem spectantia. auct. Schübler. Tüb. 1810.

Viele einzelne Beobachtungen sind z. B. von v. Marum bey G. I. 88 von Thieri S. G. XLVIII. 108 von Clark durch voltasche E. S. Schweig. XVII. 337.
Selbst bey den Römern wurden die Entladungen des torpedo el. gegen anhaltende Kopfschmerzen und gegen Podagra angewandt. S. Ermann bey G. XI. 144.

§. 169.

Aufser den genannten Mitteln zur Hervorbringung der E. verdient vorzugsweise noch dasjenige genannt zu werden, welches die Natur einigen Fischen gegeben hat. Die Kraft derselben in Ertheilung el. Flaschenschläge ist im Verhältnifs zu ihrer Gröfse unglaublich stark, scheint ausschliefslich in einem gewissen Organe zu liegen, welches durch seine besondere Structur die mit dieser individuellen Kraft versehene Species von der Gattung unterscheidet. Am merkwürdigsten hierbey ist der Umstand, dafs bey anscheinend vollständiger Leitung dennoch eine so starke el. Spannung statt finden kann, und dafs dieselbe unverkennbar von dem Willen der Thie-

re abhängig, zugleich auch ihrer Lebenskraft direct proportional ist, durch die Ausübung aber derselben nachtheilig wird.

Dafs der animalische Lebensprocefs im Allgemeinen mit dem Wechsel des el. Gleichgewichts und der Aufhebung desselben in Verbindung stehe, wie schon aus der Analogie folgt, ist nach den wenigen darüber bekannten Thatsachen nicht zu bezweifeln. Indefs fehlen die nöthigen Beobachtungen über das el. Verhalten der verschiedenen Thiergattungen und einzelner Individuen bey verschiedenen Zuständen ihrer Lebensthätigkeit. Der Mensch zeigt bey der Berührung eines feinen El. meters meistens — E. deren Stärke der Ausdünstung proportional scheint, und nach Parrot S. II. 562 mit dem Athmungsprocesse zusammenhängen soll. Einzelne Individuen zeigen ein vorzüglich starkes Vermögen zur Hervorbringung der E. welche beym Wegnehmen der Bekleidung oft selbst bis zur Erzeugung von Funken sichtbar wird. Man erzählt z. B. dafs Carl Gonzaga, Hzog von Mantua, durch Reiben seines Körpers Funken hervorbringen konnte, und eben so Theodorich d. G. Eben dieses beobachtete Brydone an den Haaren einer Sicilianerin, und an einem Marineoffizier S. dessen Reisen d. Ueb. Leipz. 1777. Vergl. d. Beobachtungen von Remer bey G. XVII. 31.

Der el. Fische giebt es fünf Species, drey Seefische und zwey Flufsfische. Die ersteren sind der Zitterrochen Raia torpedo. S. Todd's Versuche bey Schweig. XIX. 10. Walsh in phil. trans. LXIII. 461. der el. Spitzschwanz, trichiurus indicus: der el. Stachelbauch tetrodon el. S. Paterson in phil trans. LXXVI. 381. Die letzteren sind, der gröfste unter den Flufsfischen und überhaupt der mächtigste, der Zitteraal, gymnotus el. S. Bloch Naturgesch. d. ausländ. Fische II. 43. Hunter in phil. trans. LXV. Vergl. Humboldt bey G. XXV. 34. und der Zitterwels, silurus el. S. Broussonet in Mem. de Par. 1782. Vergl. Humboldt bey G. XXII. 1.

Das el. Organ dieser Fische, welches bey den verschiedenen Species nicht wesentlich verschieden ist, besteht im Allgemeinen aus einer Menge Häuten und Zellen, die mit einer gallertartigen, viel Eyweis enthaltenden Flüfsigkeit gefüllt sind. Aus einer Vergleichung desselben mit andern el. Apparaten läfst sich übrigens die Wirkung nicht erklären, obwohl Lacépède S. Hist. nat. des poissons. p. 166 dasselbe mit einer Flasche vergleicht, indem er die Nerven und weichen Theile für Leiter, die

sehnigen Blätter aber für Nichtleiter hält; und Volta sie der von ihm erfundenen Säule im Bau und in der Wirkung gleich setzt. S. Ann. de chim. XL. 225—256.

Genaue Beschreibungen dieser Organe finden sich bey Lacépède a. a. O. Monro Vergleichung des Baues u. d. Physiologie der Fische. d. Ueb. Leipz. 1787. Hunter in phil. trans. 1773. vol. LXIII. p. 480. Cavendish ebend. LXIV. Geoffroy in Ann. du Mus. d'hist. nat. I. 392—407. G. XIV. 397. u. a. Sehr ausführlich über torpedo, silurus und gymnotus, und mit vieler Literatur ist Cavallo vollständige Abhandlung der theoretischen u. practischen Lehre von der Electricität. II. 226 ff.

§. 170.

Wenn zwey heterogene oder nur verschieden modificirte Metalle in unmittelbare Berührung gebracht werden; so erregen sie wechselseitig in einander verschiedene E. Selbst mehrere andere Substanzen besitzen das Vermögen, durch Berührung die entgegengesetzten E in einander hervorzurufen. Meistens aber ist dieselbe bloſs durch die Nerven kaltblütiger Thiere, vorzüglich der Frösche, als feinste electroscopische Substanz, wahrnehmbar, und wurde daher von dem Entdecker Galvani als eine eigenthümliche Potenz angesehen, und nach ihm Galvanismus genannt. Jedoch läſst sich diese Wirkung auch an feinen Electrometern durch Hülfe der Condensation sichtbar machen, welches Volta zuerst darthat, und ein solches Paar verbundener heterogener Metalle als einfaches Element eines neuen electromotorischen Apparates, der nach ihm benannten Säule, darstellte.

Aloysius Galvani, Prof. in Bologna, wollte die Reitzbarkeit der Nerven durch E. untersuchen, und entdeckte, daſs ähnliche Zuckungen, als diese hervorzubringen pflegt, zufällig bey präparirten Fröschen entstanden, indem er dieselben, mit einem kupfernen Haken durchstochen, an einer eisernen Stange aufhing, sobald beyde Metalle miteinander in Verbindung kamen. Daſs hierbey eine eigenthümliche, den lebenden Wesen zugehö-

hörige, und durch die Berührung mit dem Metalle hervorgerufene Potenz thätig sey, suchte er dadurch zu beweisen, daſs auch ein einziges Metall, mit dem Crural-Nerven und dem Rückenmark zugleich in Verbindung gebracht, die Erscheinung, wiewohl in einem viel geringeren Grade hervorzubringen pflege. S. Al. Galvani Abhandl. über die Kräfte d. thier. E. u. s. w. herausgegeben von J. Mayer. Prag 1793. 8.

Alexander Volta dagegen leitete von Anfang an die Erscheinung aus der Berührung der Metalle her, behauptete, daſs diese eben hierdurch in sich selbst die entgegengesetzten E. hervorriefen, erklärte zugleich die durch ein einziges Metall hervorgebrachten Wirkungen aus einem geringen Unterschiede der Beschaffenheit desselben, und stellte die Nerven, vorzüglich der kaltblütigen Thiere, als die feinsten electroscopischen Substanzen dar. Letzteres ist späterhin vollkommen bestätigt; die Reitzbarkeit dauert lange nach dem Tode fort, und wird, wenn sie schon verschwunden ist, oft durch Säuren oder Alcalien wieder hervorgerufen. Vergl. A. v. Humboldt über d. gereitzte Muskel u. Nervenfaser u. s. w. Berl. 1797. Durch Versuche zeigte derselbe, daſs die Metalle ein sehr verschiedenes Vermögen besitzen, E. durch Berührung zu erzeugen, u. z. + und — in folgender Reihe, wobey die Stärke der erregten E. ihrem Abstande proportional ist: Zink; Zinn; Bley; Eisen; Messing; Kupfer; Platin; Gold; Silber. Zum Beweise stellte Volta folgende Versuche an. Er legte eine ebene Scheibe Zink auf eine Scheibe Silber und preſste sie gegen einander, brachte abwechselnd die eine und die andere in leitende Verbindung mit der Erde, und entdeckte dann durch Hülfe des Condensators an der ersteren + E an der andern — E. Trennte er beyde nach der Berührung durch isolirende Handgriffe, so zeigten sie jede die genannte E. Noch leichter zeigte sich dieses, wenn er einen Streifen Silber und einen Streifen Zink an einander löthete, und entweder das Zink-Ende oder das Silber-Ende in der Hand haltend mit dem andern den Condensator berührte. Legte er eine Scheibe Silber zwischen zwey Scheiben Zink, oder eine Scheibe Zink zwischen zwey Scheiben Silber; so zeigte sich keine el. Spannung, wohl aber war dieses der Fall, wenn er auf die zwey Scheiben Silber und Zink einen angefeuchteten Leiter, z. B. eine Papp- oder Tuchscheibe, und auf diesen eine Metallplatte legte. Letztere zeigte dann die E. der oberen Platte, während die untere die entgegenge-

setzte behielt. Die E. dringt also durch diese feuchten Zwischenmittel, welche allerdings die E. leiten, aber nicht hervorzubringen vermögen. Hiernach theilt Volta die Körper in *Leiter der ersten Classe*, welche die E. leiten und zugleich hervorrufen, und in *Leiter der zweyten Classe*, welche die E. blofs durchlassen, ohne sie zu erregen. Unter die ersteren gehören die Metalle, Magnesiumoxyd, Holzkohle u. a. unter die letzteren die Säuren, Salzauflösungen, Alcalien in Wasser gelöset und Wasser. Die Stärke des Erregungsvermögens ist bey verschiedenen Metallen verschieden; nach Volta zwischen Zink und Silber = 12; zwischen Silber und Kupfer = 1; zwischen Kupfer und Eisen = 2; zwischen Eisen und Zinn = 3; zwischen Zinn und Bley = 1; zwischen Bley und Zink = 5. Hiernach ist die Summe der erregenden Kräfte aller Zwischenglieder der Erregungskraft der äufsersten genau gleich. Ein verbundenes Paar Metalle ist hiernach ein einfaches electromotorisches, nach Beschaffenheit derselben stärkeres oder schwächeres Element. S. Schriften üb. d. thier. E. von Volta, herausgegeben von Mayer. Prag 1793. 8. C. Pfaff dissert. de el. anim. Stuttg. 1793. 8. Ritter Beyträge zur näheren Kenntnifs des Galvanismus. Jena 1800. G. VI. 340. X. 389. XII. 497. u. a. a. O.

Die angezeigten Versuche sind schwierig, und gelingen nicht immer; indefs sind sie doch auch von andern mit Erfolg angestellt, z. B. von Jaeger S. G. XLIX. 48. von Bohnenberger S. G. LIII. 346 ff. u. a. m. auch bestätigt der Verfolg der Untersuchung die Richtigkeit dieser Thatsachen vollkommen. Man kann durch einen einfachen Versuch sich leicht hiervon überzeugen, wenn man von zwey Platten Zink und Silber die eine auf die Zunge legt und sie mit der andern zwischen den Zähnen und der Oberlippe gehaltenen wiederholt berührt.

Lange wurde darüber gestritten, ob der Galvanismus mit dem el. Fluido identisch sey, oder nicht, bis wiederholte Versuche von Volta S. dessen neueste Versuche über Galvanismus. Wien 1803, und die von v. Marum und Pfaff in Harlem angestellten S. G. X. 121. für die Gleichheit beyder entschieden. Vergl. Volta bey G. XIII. 257.

§. 171.

Wenn man zwey electromotorische Elemente durch einen feuchten Leiter mit Beybehaltung

der nämlichen Reihenfolg mit einander verbindet; so wird die el. Spannung doppelt so stark, bey dreyen dreyfach, bey n Elementen n fach so stark, als bey einem einzigen seyn. Volta, welcher diesen Satz aus seiner anfänglichen Theorie und den ersten Fundamental-Versuchen folgerte, kam dadurch zur Erfindung der nach ihm benannten Säule. Im Wesentlichen ist dieselbe stets gleich geblieben, in der äufsern Form aber mannigfaltig abgeändert, indefs bleibt für kleinere Versuche die stehende Säule, für sehr grofse der Trogapparat immer noch am meisten empfehlungswerth.

Die Richtigkeit und Allgemeinheit der angegebenen Verstärkung electromotorischer Apparate ist jetzt überall anerkannt. Ist die Silberseite des einen Paares oder eines Elementes in leitender Verbindung, so wird die Zinkseite die volle E. zeigen, und diese durch die leitende Zwischensubstanz dem zweyten Paare mittheilen, so dafs dessen Zinkseite die doppelte Intensität erhält. Ist sie dagegen isolirt; so kann die ihr zugehörige Zinkplatte durch Bindung verhindert, die erzeugte E. nur halb mittheilen. Werden auf diese Weise n Plattenpaare mit abwechselnd zwischenliegenden Leitern geordnet; so entsteht ein el. Apparat, welchen man nach dem Erfinder Volta'sche Säule, und deren beyde Enden man des Gegensatzes wegen uneigentlich Pole genannt hat. Die Stärke derselben ist der Zahl der Elemente direct proportional. Wenn die Säule isolirt ist; so wird der Zinkpol + E., der Silber- oder Kupferpol — E. zeigen, die Mitte durch gegenseitige Bindung aber indifferent seyn. Die Stärke eines jeden Poles kann hiernach nur halb so grofs werden, als wenn der eine Pol in leitende Verbindung gesetzt wird. Beyde Pole vereinigt giebt durch gegenseitige Herstellung des Gleichgewichts gleichfalls den Zustand der Indifferenz, wobey aber die Wirkung am stärksten auf diejenigen Substanzen ist, welche in den Kreis der beyden Pole gebracht werden.

Es folgt aus allem diesen, dafs der von Volta erfundene electromotorische Apparat im Allgemeinen aus zwey heterogenen Metallen gebildet wird, deren einzelne in möglichst naher, selbst durch Zusammenlöthen vermittelter Verbindung stehende Paare als Elemente desselben

durch feuchte Zwischenleiter verbunden sind. Das Wesentlichste dabey ist, dafs die Reihenfolge der Metalle stets dieselbe bleibt, indem der Fortgang der el. Wirksamkeit sogleich da aufhört, wo die Folge der Metalle umgekehrt wird. Nähme man eine Platte Zink oder Kupfer in der Mitte, und von hieraus nach beyden Seiten eine entgegengesetzte Reihenfolge, so erhielte man eine symmetrische Säule, deren Wirkung durch beyde verbundene Pole = o seyn mufs.

Man hat viele Vorschläge zum Aufbauen dieser el. Säulen gethan. Dahin gehört 1) die ursprüngliche stehende Säule. Sie wird auf einer Glasscheibe oder auf einem sonstigen Isolatorio zwischen massiven Glasstangen aufgebauet, und es ist vorzüglich nöthig, dafür zu sorgen, dafs die zwischenliegenden Scheiben festen Tuches die gehörige Nässe haben, ohne dafs die gewählte Feuchtigkeit durch Herablaufen eine leitende Verbindung bildet. Mehr als höchstens 100 Plattenpaare aufzuschichten ist selbst bey einem Durchmesser von nur 2 Zoll nicht räthlich, weil der Druck derselben zu stark wird. Besser ist es daher dann mehrere Säulen nebeneinander zu errichten, und je zwey mit entgegengesetzter Ordnung der Metalle durch eine gemeinschaftliche Metallplatte zu verbinden. Die Plattenpaare, Zink und Kupfer zusammen zu löthen ist räthlich wegen des schnelleren Aufbauens der Säule, des leichteren Reinigens derselben, und vielleicht wegen erhöheter Wirksamkeit. S. G. X. 50. XI. 356.

2) Um den zu grofsen Druck und das dadurch bewirkte Herablaufen der Flüfsigkeit zu verhindern schlugen Haldane und Parrot vor, die Säule horizontal zu legen. Allein bey etwas grofsen Apparaten hat man nicht leicht hinlänglich starke Glasröhren, und ohnehin werden diese leicht durch die herabsinkende Flüfsigkeit benetzt, und somit mehr leitend, welches die Wirkung zwar nicht aufhebt, aber doch schwächt. S. G. VII. 190. IX. 387. XII 51.

3) Theils die Apparate in beliebiger Gröfse zu construiren, theils um die gesammte Zahl der Plattenpaare in dem nämlichen Zeitmomente in Thätigkeit zu setzen, schlug Cruikshank vor, dieselben in Tröge zu schichten und die Flüfsigkeit dazwischen zu giefsen. Man kittet daher die zusammengelötheten Scheiben mit parallelen Flächen und kleinen Zwischenräumen wasserdicht in Tröge von Holz, Porzellan oder Biscuit ein, und füllt die Räume mit der Flüfsigkeit an. S. G. VII. 99. Der

Kitt besteht nach Singer 203 am besten aus 6 ℔ Harz, 1 ℔ rothen Ocker, ½ ℔ Gyps und ¼ Quart Leinöl. Riesenmäſsige Apparate solcher Art sind derjenige, welcher dem Royal Institution in London angehört, von 2000 vierzölligen Plattenpaaren S. Davy Elements p. 152. Vergl. G. XII. 353, und derjenige, welchen Bonaparte der polytechnischen Schule in Paris schenkte, S. G. XXXII. 45. Biot II. 513.

4) Um die nachtheilige Oxydation der Platten und die beschwerliche Reinigung zu vermeiden, brachte Hauf den nach ihm benannten Cylinder-Apparat in Vorschlag. Die einzelnen Scheiben werden an hohle, gläserne Cylinder gelöthet, dann wird die Flüſsigkeit durch eine Oeffnung in dieselben gegossen, und so das Ganze zusammengeschichtet. Obgleich dieser Apparat den beabsichtigten Zweck nicht erreicht und verhältniſsmäſsig zu viel Raum erfordert, so ist derselbe zur Erläuterung der Phänomene sehr brauchbar. S. Hauf de nova methodo naturam phaen. el., quae a Galvano nomen sortita sunt, investigandi. Marb. 1810. 4. Vergl. G. XV. 77.

5) Diesem ähnlich ist Erdmanns Kapselapparat S. G. XII. 458, welcher dem Fehler des schnellen Vertrocknens der Flüſsigkeit vorbeugen sollte. Er besteht aus Kapseln, welche aus den Platten selbst gebildet werden, indem sie durch einen von Pappe verfertigten, mit Oelfirniſs aufgeklebten Ring getrennt, die Flüſsigkeit zwischen sich enthalten.

6) Volta's Becherapparat, welcher aus nebeneinandergesetzten, mit der erforderlichen Flüſsigkeit gefüllten isolirenden Bechern, in deren jeden ein verbundenes Paar Streifen von Zink und Silber oder Kupfer so gestellt ist, daſs die Extremitäten der heterogenen Metalle stets in einen Becher zu stehen kommen, gab die erste Veranlassung zur Erfindung des Trogapparates. G. VI. 345. VIII. 301. IX. 18. X. 446. Er ist nur im Kleinen anwendbar.

7) Der groſsplattige Trogapparat, welchen Pepys erbauete, S. G. XV. 466. desgleichen der von Children S. ebend. XXXVI. 364. Wilkinson's trogartiger Becherapparat S. ebend. XXXVI. 359. Gehlen J. VII. 340, der Schüssel-Apparat u. a. Einrichtungen mehr sind bloſs im Einzelnen ausgeführt.

8) Schweiggers Vorschlag, eine Säule aus gleichen Substanzen zu bauen, ist zwar keineswegs wegen der Stärke der Wirksamkeit, wohl aber als Beweis merkwürdig, daſs eine verschiedene Modificirung gleicher

Substanzen eine verschiedene galvanische Action erzeugt. Der Apparat besteht aus kupfernen Bechern, welche paarweise durch metallene Dräthe, die einzelnen Paare untereinander aber durch feuchte Leiter verbunden sind. Werden die Becher dann mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, und wird einer von jedem Paare erhitzt, der andere aber kalt erhalten; so entsteht die galvanische Spannung. S. J. d. ph. LXXIII. 405. Vergl. Davy's Versuche bey G. XI. 388.

§. 172.

Eine nothwendige Bedingung der Wirksamkeit der Volta'schen Säule ist die fortdauernde Erhaltung der Feuchtigkeit, nicht aber, wie man früher zu glauben geneigt war, die Anwesenheit der atmosphärischen oder einer andern Sauerstoffgashaltigen Luft. Uebrigens ist dieselbe verschieden nach der Art der leitenden Flüſsigkeit, und wird auſserdem durch die Gröſse und die Anzahl der aufgeschichteten Plattenpaare, so wie die zunehmende Oxydation derselben bedingt.

Daſs die Anwesenheit des feuchten Zwischenleiters zur Wirksamkeit der el. Säule unentbehrlich sey, folgt aus jeder Theorie derselben unmittelbar. Weit weniger, oder gar nicht nothwendig scheint die Anwesenheit des Sauerstoffgas zu seyn, obwohl einige Versuche ergeben, daſs eine Volta'sche Säule das umgebende Sstgas verzehrt, und bey gänzlichem Mangel desselben zu wirken aufhört. S. G. X. 161. Andere anscheinend genauere Versuche zeigen das Gegentheil, indem die Säule sogar im Guerickschen Vacuo ihre Wirksamkeit ungeschwächt beybehält. S. Biot II. 528. Vielleicht ist die Anziehung des Zinkes zum Sauerstoff stärker, als des Kupfers zum Wasserstoff, daher es nicht bloſs den zerlegten Substanzen, sondern auch der umgebenden Luft denselben entzieht.

Die Art der Flüſsigkeit, welche als Zwischenmittel dient, ist von groſsem Einflusse auf die Wirkung der Säule. Im Allgemeinen kann man annehmen, daſs die chemische Wirksamkeit der Säule so viel gröſser ist, je stärker das feuchte Zwischenmittel die Platten angreift. Weil aber durch den Einfluſs der feuchten Leiter beyde Metalle oxydirt werden, und das oxydirte Kupfer durch

den Zwischenleiter zum Zink, das oxydirte Zink aber zum Kupfer dringt, und die wechselseitigen Flächen überzieht, so hindert dieses Oxyd entweder die Leitung, oder jedes Metall kommt mit dem andern an beyden Seiten in Berührung, wodurch die Wirksamkeit aufgehoben werden muſs. Nach Biot II. 530 wirken beyde Ursachen vereint, nach Volta bloſs der erstere, welches wahrscheinlicher ist, weil die el. Spannung noch einige Zeit nach dem Aufhören der chemischen Wirksamkeit ungeschwächt fortdauert. Zamboni leitet diese Wirkung von der Entstehung der Salze her, welche allmälig gebildet werden, und die nasse Säule der trocknen ähnlicher machen S. G. LX. 155. Verdünnte Säuren wirken daher auf kurze Zeit am heftigsten; alcalische Laugen minder heftig; Salze, vorzüglich Salmiak, geben mittlere Stärke und Dauer, reines Wasser giebt die geringste, aber am längsten dauernde Wirkung.

Einen merkwürdigen Unterschied bietet die Säule dar, jenachdem bey gleicher Gröſse der Oberfläche der in Thätigkeit befindlichen Metalle die Menge der Schichtungen verschieden ist. Die Einwirkung auf die Nerven nämlich, die Stärke der chemischen Action und der Kraft des Verbrennens der Metalle ist der Gröſse der sich berührenden Metallflächen proportional, die Kraft des Abstoſsens dagegen wächst mit der Anzahl der Lagen. S. Biot II. 489. Children's Apparat aus 20 Paaren Platten, 4 F. lang, 2 F. breit, bracht daher keine Divergenz des Electrom. hervor, schmolz aber 18 Z. Platindrath S. phil. trans. 1809. p. 32.

§. 173.

Die Wirkungen der Volta'schen Säule sind unter gewissen Modificationen denjenigen sehr ähnlich oder ihnen gleich, welche durch die gemeine Electrisirmaschine hervorgebracht werden. Im Allgemeinen lassen sich dieselben auf den Nervenreitz zurückbringen, welchen sie auf lebende Wesen äuſsert, auf das mechanische Bewegungsvermögen, und endlich auf die chemische Wirksamkeit. Hinsichtlich des ersteren bietet die Säule allerdings einen bemerklichen Unterschied dar, wenn man die Empfindung, welche durch diesen in den Nerven hervorgebracht wird, mit dem

Eindrucke durch den einfachen oder verstärkten Funken der Maschine vergleicht; rücksichtlich der beyden letzteren aber ist es auffallend, daſs sie eine eben so viel geringere Kraft der mechanischen Bewegung besitzt, als ihre chemische Wirksamkeit überwiegend stark ist.

Der Nervenreitz, welchen die volta'sche Säule verursacht, hat im Allgemeinen wenig Aehnlichkeit mit einem einfachen el. Funken; mehr hingegen mit einem Flaschenschlage; unterscheidet sich aber auch von diesem letzteren sehr wesentlich.

1) Ein kleiner Flaschenschlag von geringer Spannung verursacht eine kaum merkliche, schnell vorübergehende Empfindung, in welcher selbst durch entblöſste Organe nichts Hervorstechendes unterschieden werden kann. Dagegen erregt ein einziges Plattenpaar ohne überall bemerkbare Spannung eine stärkere, durch einen säuerlichen Geschmack ausgezeichnete Empfindung auf der Zunge.

2) Ein etwas stärkerer Flaschenschlag ist stechend, und wenn er durch beyde Arme geht, vorzüglich in den Gelenken und in der Brust wahrnehmbar, läſst dagegen eine Art Betäubung zurück. Entladet man dagegen die beyden Pole der volt. Säule durch die benetzten Finger beyder Hände, so ist die Empfindung brennend, krampfhafte Bewegungen erzeugend, und am stärksten an den berührenden Theilen.

3) Selbst mittelmäſsige und fast kleine Flaschenschläge durchlaufen eine willkührlich lange Reihe von Personen mit geringer Verminderung der Intensität nach der Mitte hin. Dagegen drang die E. der beyden Pole des groſsen volta'schen Apparates in Paris kaum durch eine Reihe von 4—5 verbundenen Personen. S. G. XXXII. 51. XXXVIII. 156.

4) Wenn man die Finger benetzt, und eine Flasche dadurch entladet; so wird die Wirkung dadurch schwächer, bey den Säulen aber ungleich stärker.

5) Metallene Zwischenmittel ändern die Stärke der Flaschenschläge nicht, oder vermindern sie vielmehr, dagegen aber verstärken dicke Stücke Metall ihrer Gröſse proportional die Wirkung der Säule auf die Empfindung ungemein.

6) Obwohl ein einziges Element einer volta'schen Säule schon eine merkliche Empfindung hervorbringt,

so läſst sich doch die Wirkung der stärksten nicht so hoch steigern, daſs sie wie die stärksten Batteriefunken selbst für gröſsere Thiere tödtlich würde. Dagegen setzen mäſsige Säulen frisch getödtete Thiere in unglaublich starke krampfhaft zitternde Bewegungen. S. Wilkinsons Elements II. 464. Ueber den Einfluſs d. volt. Säule auf thierische Flüſsigkeiten S. Brande in phil. trans. 1809. p. 385.

Die Spannkraft der volta'schen Säule ist im Verhältniſs zu ihrer chemischen Wirksamkeit äuſserst geringe. Selbst die stärksten bringen bey leitender Verbindung des einen Poles am andern Pole nur wenige Grade Divergenz des feinsten Electrometers hervor, und in der Regel so viel weniger. je stärker nach der Beschaffenheit des leitenden Zwischenmittels die chemische Wirksamkeit ist; auch hört die letztere in diesem Falle weit schneller auf, als die erstere. Um so viel merkwürdiger sind die Resultate der Harlemer und anderer Versuche, daſs eine Säule die gröſste Batterie (v. Marum nahm 550 Quad. Fuſs Belegung) durch eine einzige Berührung gleich stark als jede kleinere ladet S. G. X. 123. Vergl. XII. 507. XIII. 257. LV. 206. Eigentliche el. Funken, wie geriebene nichtleitende Körper, giebt die Säule vielleicht überall nicht, indem die bey der Verbindung der Pole erscheinenden Blitze eher für eine Folge des verbrennenden Metalles zu halten sind. Bey Childrens Apparate von 1250 Plattenpaaren erschien ein Funke erst bey der Näherung von $\frac{1}{50}$stel Zoll. S. phil. trans. 1809. p. 36 Dagegen geben die trocknen Säulen von stärkerer Spannung allerdings Funken. S. Zamboni bey G. LX. 183.

Um so viel stärker sind die höchst interessanten chemischen Wirkungen der Säule, welche zuerst von Carlisle und Nicholson entdeckt wurden. S. Nicholson's Journ. IV. 179. Als die vorzüglichsten derselben verdienen genannt zu werden

1) Die Zerlegung des Wassers in seine beyden Bestandtheile, welche selbst durch kleine Säulen von 10 bis 20 Plattenpaaren 1,5 Z. im d. haltend bewerkstelligt wird. Wird Wasser in einer Glasröhre mit zwey bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll genäherten Dräthen in den Kreis der Säule gebracht; so entwickelt der el. Strom, wenn die Dräthe aus oxydabeln Metallen bestehen, an dem — Pole Wasserstoffgas, während der andere mit dem + Pole verbundene oxydirt wird. Sind die Dräthe aber von Gold oder Platin, so wird an beyden Gas frey, u. z. an einem Wasserstoffgas, am andern Sstgas. Wird das eine Ende einer

mit Wasser gefüllten Röhre durch eine vorgebundene Thierblase verschlossen, in ein Gefäfs mit Wasser gestellt und der eine Drath in die Röhre, der andere in das Gefäfs gesenkt; so geht die Gasentwickelung dennoch vor sich. Ist der Apparat so eingerichtet, wie ihn fig. 103 darstellt, so erhält man beyde Gasarten für sich. Nach Gay-Lüssac und Thenard ist die Quantität der in gleichen Zeiten entwickelten beyden Gasarten das sicherste Mafs der Stärke einer Säule, und nicht der Stärke der Spannung, sondern der Gröfse der Ladung, oder der Menge der erzeugten E. proportional. S. Biot II. 512. Merkwürdig ist hierbey, dafs bey allen Scheidungen der verschiedensten zusammengesetzten Substanzen d. Sstoff allezeit d. + Pole, d Wstoff dagegen d. — Pole zugeführt wird, wonach man also in Gemäfsheit des el. Gegensatzes ersteren für eine absolut negativ, letzteren dagegen für eine absolut positiv el. Substanz zu halten veranlafst wird.

2) Scheidung der verschiedensten zusammengesetzten Körper, sowohl der organischen als unorganischen Natur, mit einer gröfseren Kraft, als irgend ein anderes Mittel darbietet. Dieses wichtige Naturgesetz ist vorzüglich durch Davy aufgefunden und hat durch ihn zu vielfachen Entdeckungen geführt. Unter andern gehört hierher die Zerlegung der Salze in Säuren und Alcalien, z. B. des Kochsalzes, wobey der Umstand höchst merkwürdig ist, dafs die einzelnen Bestandtheile bis zum gänzlichen Verluste ihrer Wirksamkeit durch die E. gebunden werden. Wenn man daher von drey kleinen Bechern den einen äufsern mit Salzsolution füllt und den — el. Drath hineinsenkt, den andern äufsern mit Lackmustinctur und den + el. Drath hineintaucht, den mittleren aber mit verdünnter Silbersolution füllt und mit den beyden äufseren durch angefeuchteten Asbest verbindet; so wird eine hinlänglich starke Säule die Säure durch die Silbersolution, ohne Niederschlag zu verursachen, zum + Ende führen, und dort durch das Reagens kenntlich machen. S. Davy bey G. XXVIII. 1 ff. XXXI. 113. Ferner ist die el. Säule zuerst von Davy als Mittel angewandt, die metallischen Grundlagen der Alcalien kennen zu lernen. S. G. XXVII. 117. Am leichtesten ist das Calium darstellbar, wenn man ein mäfsig feuchtes Stück caustisches Cali auf eine Glasscheibe legt, und auf demselben die beyden Silber- Gold- oder Platin-Dräthe einander bis auf eine Linie nähert, worauf das Calium am — Drathe in kleinen Kügelchen gebildet wird. Singer legt ein solches Stück in einen silbernen Löffel oder auf eine silberne

Platte, am — Pole, und bringt den Drath des + Poles damit in Verbindung, um die Kügelchen entweder oben oder unter dem Stücke zu erhalten. S. G. XLIV. 239. Als Amalgama erhält man es leicht, wenn man in eine Vertiefung eines Stückes mäſsig angefeuchteten Cali's ein Quecksilberkügelchen legt, den + Pol mit dem Cali den — Pol mit dem Quecksilber verbindet. Auf ähnliche Weise haben Davy, Pontin und Berzelius auch die Zerlegung der sogenannten alcalischen Erden und der Talkerde bewerkstelligt, indem sie dieselben als feuchte Paste oder mit Quecksilber in den Kreis mächtiger Säulen brachten. Verbindet man zwey Röhren mit Asbest, giebt in die eine Silbersolution, in die andere Wasser, und bringt sie in den Kreis der Säule, das Wasser an den — Pol; so überzieht sich der Asbest mit regulinischem Silber. Gleichfalls wird Silber aus der salpetersauern Solution desselben durch Silber- Gold- oder Platindräthe dendritisch reducirt. Vergl. die vielen Erfahrungen über die zerlegende und vereinigende Kraft der galvanischen E. Müllers Anmerk. zu Singer p. 416 ff.

Diese Zerlegungen, vorzüglich der Salzsolution sind meistens mit beträchtlicher Hitze und oft mit einem Knistern verbunden, beyde so viel stärker, je heftiger der Apparat wirkt.

Am stärksten zeigt sich die Säule und die Kraft der gemeinen E. bey weitem übertreffend durch ihr Vermögen verbrennliche Körper zu entzünden und zu verbrennen. Eine hinlänglich starke, obwohl keine bedeutende el. Spannung zeigende Säule verbrennt leicht unächtes Blattgold und Silber, dünnen Staniol, Zink, feinen Eisendrath u. a., alle mit verschiedenfarbigem Lichte, entzündet fein geriebenes Schieſspulver, Weingeist und Naphta, wenn man diese Substanzen durch Blattgold in den Kreis derselben bringt, Phosphor, Schwefel und Zündschwamm, letzteren ohne Zweifel durch das Glühen der Metalle; stärkere aber entzünden zwey zugespitzte Kohlenstifte selbst unter Wasser und verbrennen Platindrath von beträchtlicher Stärke und Länge. Hierhin gehört im kleinen Wollastons Apparat, welcher als einfaches Element der volt. Säule einen höchstfeinen Platindrath zum Glühen bringt. S. G. LIV. 1 u. 11. Wilkinson wollte dieser Eigenschaft wegen die Stärke der verschiedenen Säulen nach der Dicke und Länge verbrannter Eisendräthe bestimmen. Interessante Versuche sind, wenn man zwey feine Spitzen Eisendrath einander nähert und zusammenschmelzen läſst; wenn man

einen flachen Eisendrath oder unächtes Blattgold der Quecksilberfläche in einer Röhre, welche einen bis nahe unter die Oberfläche des Quecksilbers reichenden, mit dem andern Pole der Säule verbundenen Eisendrath enthält, nähert, wobey ersteres mit einer grünen, letzteres mit einer rothen Flamme verbrennt, u. a. m. Vergl. Gay-Lüssac u. Thenard bey G. XXXVIII. 121.

Die Herstellung des el. Gleichgewichts zwischen den beyden Polen der volt. Säule geschieht in unmeſsbar kurzer Zeit, S. Basse bey G. XIV. 26, Erman ebend. 385; worauf Sömmering den Vorschlag zu seinem el. Telegraphen gegründet hat. S. Münchener Denkschr. Bd. III. Vergl. Schweig. J. II. 217. G. XXXIX. 478. Dennoch aber dürfte man veranlaſst werden zu glauben, daſs eben die langsamere Strömung des el. Fluidums im Kreise der volt. Säule den Unterschied ihrer Wirkungen und derjenigen, welche die gemeine E. hervorbringt, wenigstens zum Theil begründe.

Ob alle chemischen Erscheinungen eine unmittelbare Folge der E. sind, wie einige annehmen wollen, und zum Theil dieses schwere Problem durch die Einführung eines unklaren Wortes, Electrochemismus, aufzuhellen wähnen, dürfte schwer auszumitteln seyn. Wenn man aber berücksichtigt, wie leicht durch Berührung heterogener Substanzen die galvanische E. hervorgebracht wird, und wie groſs und allgemein die chemische Wirkung derselben ist; so wird man allerdings veranlaſst, dieser E. einen viel ausgebreitetern Einfluſs auf die gesammten Veränderungen sowohl der unorganischen als auch der organischen Körper beyzulegen, als gemeiniglich zu geschehen pflegt. Vergl. §. 178.

§. 174.

Die Theorie der volta'schen Säule und ihrer Wirksamkeit ist noch keineswegs völlig ausgemacht. Volta, der Erfinder derselben, hält die Metalle in ihrer Verbindung für die Erreger der Electricität, das feuchte Zwischenmittel aber für die fortleitende Substanz, deren Wirksamkeit ihrem Leitungsvermögen proportional seyn soll. Andere wollten die gesammte Wirkung bloſs aus der Oxydation der Metalle ableiten, eine Ansicht, welche in den sogenannten trocknen Säulen zwar

keinen völlig entscheidenden, aber doch nicht unerheblichen Gegengrund findet. Noch andere, an de-en Spitze Davy zu stellen ist, halten die Metalle allerdings für die Erreger der E. jedoch in der Art, dafs das natürliche Vermögen derselben, vorzüglich für die chemischen Wirkungen, durch den Einflufs der Säuerung erhöhet wird.

Nach Volta giebt es nur einerley E., welche sich durch Ueberflufs oder Mangel als + und — E. zeigt. Durch die Berührung der electromotorischen Metalle wird die E. ungleich unter ihnen vertheilt, so dafs Zink den Ueberflufs über das natürliche Gleichgewicht, Kupfer dagegen einen Mangel erhält. Steht eine von beyden Platten in leitender Verbindung, so wird der Ueberflufs oder Mangel hierdurch ersetzt, und die andere erhält daher die volle Spannung. Eine diesen gleiche el. Spannung findet zwischen jedem Plattenpaare der Säule statt. Indem aber die E. des ersten Paares dem folgenden durch das leitende Zwischenmittel zugeführt wird; so mufs die Spannung desselben hierdurch eine Vermehrung erhalten, und da dieses bey jedem folgenden der Fall ist; so mufs die Stärke der el. Spannung vom unteren — oder Silberpole zum obersten + oder Zinkpole für jedes Element der Säule im einfachen, die Summe der gesammten E. aber, oder die Ladungen im quadratischen Verhältnisse der Zahl der Plattenpaare zunehmen. S. Schmidt Natl. 471. Hiernach ist das feuchte Zwischenmittel blofs als leitende Substanz zu betrachten, welche nach der Stärke ihres Leitungsvermögens vom geringsten, dem reinen Wasser bis zum stärksten, den Säuren, kräftiger wirkt, in sofern die in jedem einzelnen Elemente erregte E. dem folgenden schneller zugeführt wird. Weil aber die Flüfsigkeiten zugleich mit Metalloxyd gesättigt, und die Platten damit überzogen werden; so wird hierdurch die Fortleitung aufgehoben, und die Wirkung so viel geringer werden, mithin so viel kürzer dauern, je mehr und je schneller dieses geschieht. S. Volta's neueste Versuche üb. den Galvanismus u. s. w. Wien 1803. Vergl. Biot II. 537. G. XVIII. 129. Zamboni bey G. LX. 180.

Die gesammte Wirkung der Säule aus dem Oxydationsprocesse abzuleiten nach Fabbroni und andern S. Davy bey G. XXVIII. 189. findet aufser den trocknen

Säulen noch in folgendem Versuche einen Gegengrund. Wenn man auf den Deckel eines empfindlichen Electrometers eine Kupferplatte unmittelbar oder durch einen feuchten Zwischenleiter getrennt legt, und eine Zinkplatte darauf, auf diese letztere Salzsäure giefst, und sie in leitende Verbindung setzt; so wird sich überhaupt keine oder keine vermehrte Divergenz zeigen. Aufserdem wird die Divergenz der electroscopischen Substanzen durch verstärkte Oxydation der Platten nicht vermehrt, und dauert oft in wachsender Stärke noch geraume Zeit fort, wenn die Oxydation der Platten durch Ueberzug mit Oxyd fast ganz aufgehört hat S. Zamboni bey G. LX. 159. Einen entscheidenden Versuch gegen diese Theorie hat Berzelius angestellt S. Nicholson J. XXXIV. 161. obgleich derselbe früher Anhänger der Meinung war, die Wirkung der volt. Säule beruhe ausschliefslich auf der Oxydation der Metalle. S. G. XXVIII. 203. Auch die Hervorbringung der gemeinen E. ist nicht, wie man bisher glaubte, von der Oxydation des Amalgama abhängig, indem nach Davy's Versuchen die Erzeugung derselben in kohlensaurem Gas noch stärker ist, als in atmosphärischer Luft, und in Wasserstoffgas nicht aufhört. S. Elemente des chem. Theils der Naturwiss. übers. von Wolf. Berl. 1814. p. 143.

Nach Davy sind die heterogenen Metalle allerdings das eigentliche el. Agens, indem das Zink mehr Anziehung zur + E., Kupfer dagegen zur — E. hat. Kommen beyde mit einander in Berührung; so werden durch gegenseitige Einwirkung diese ihre Dispositionen erhöhet, mithin wird das Kupfer mehr — el. das Zink mehr + el. werden. Kommen sie in Verbindung mit einem feuchten Zwischenleiter; so wird ihre geringe Spannung für diesen, welcher in eben dieser Beziehung als nichtleitend anzusehen ist, vertheilend wirken, und daher die Spannung in jedem folgenden Paare erhöhet werden, wie man nach fig. 104 leicht erläutern kann. Sehr entscheidend für diese Ansicht sind Erman's Versuche über die Art der Fortleitung der E. durch Wasser S. G. X. 11. Hiernach mufs also die Spannkraft der Zahl der Plattenpaare, die Capacität aber ihrer Oberfläche proportional seyn. Die ursprüngliche Anziehung des Zinkes zum — el. Sauerstoff wird dann durch die erregte E. noch erhöhet, und eben so des Kupfers zum + el. Wasserstoff, wonach eine Zerlegung des Zwischenleiters vor sich gehen, und der Sauerstoff dem Zinkpole, der Wasserstoff dagegen dem Kupferpole zugeführt werden mufs, und

indem die Säule im Ganzen einen Kreis bildet; so wird eben derjenige Zerlegungsprocefs, welcher in ihrem Innern vorgeht, auch alle diejenigen Substanzen treffen, welche in den Kreis derselben gebracht werden. Eben dasjenige übrigens, was hiernach vom Sauerstoff und Wasserstoff gilt, wird auch für Säuern und Alcalien, für verhältnifsmäfsig mehr sauerstoffhaltige und wasserstoffhaltige und überhaupt für alle el. entgegengesetzte Körper gelten. Die Dauer der Wirksamkeit einer Säule wird bedingt durch die Sättigung der verschiedenen Metalle, des Zinks mit Oxyd, des Kupfers mit Wasserstoff, und mufs daher beym Wasser am längsten seyn, weil die beyden Bestandtheile desselben als Gasarten entweichen; zugleich aber wird der el. Gegensatz der Metalle und ihre Wirksamkeit eben durch die Zerlegung der feuchten Zwischenmittel aufs Neue aufgeregt, und mufs daher durch diejenige Veränderung noch erhöhet werden, welche die Säuren oder Salze in ihnen hervorbringen.

Aus dieser seiner Theorie erklärt Davy sehr consequent die zum Theil durch ihn selbst aufgefundenen oder erweiterten Erscheinungen der Wirksamkeit einer el. Säule. Durch die ursprüngliche Anziehung des + Poles derselben oder vielmehr der hieran frey werdenden + E. zum — el. Sauerstoff oder den sauerstoffhaltigen Körpern wird dieser Pol in den zwischenliegenden mehr oder minder leitenden Körpern diese verwandten Substanzen mit überwiegender Kraft anziehen, und selbst durch die feinsten Reagentien durchführen. Eben so wird die am — Pole frey werdende — E. durch überwiegende Anziehung die verwandten + el. Bestandtheile der Körper binden, selbst auf weitere Entfernungen fortführen, und nicht eher frey lassen, als bis sie sich mit der entgegengesetzten E. des + Poles neutralisirt haben. S. Davy's interessante Abhandlungen übers. von Gilbert. Ann. XXVIII. 1. u. 161 ff. vorzüglich 183.

Die hier angegebene Theorie Davy's erhält eine nicht unbedeutende Stütze in der Erscheinung, welche Zamboni beobachtete S. G. LX. 170. Er brachte Zink-Streifen mit ihren beyden ungleich breiten Enden in Berührung mit Wasser in Uhrgläsern, und fand in der hieraus gebildeten (sogenannten) zweyelementigen Säule das Wasser negativ, woraus also sichtbar hervorgeht, dafs das Wasser durch die Berührung der Electromotore selbst electrisch wird. Auch läfst sich das Gesetz als beweisend anführen, dafs allgemein ein jeder Körper, vermittelst der Einwirkung eines electrischen durch Vertheilung

electrisch wird. Wir müssen daher annehmen, dafs die Flüfsigkeit zwischen den electromotorischen Platten in der unmittelbaren Berührung mit Zink — el. wird, in der Mitte zur völligen Indifferenz übergeht, und dann in allmälig beginnender + el. Spannung am Kupfer sein maximum erreicht. S. §. 158.

Die grofse Hitze, welche Volta's Säule erregt, und das leichte Glühendwerden der Metalle durch dieselbe, welches Davy aus ihrer chemischen Wirksamkeit erklärt, verdient wegen des verhältnifsmäfsig schwierigen Glühens durch Reibungs-El. noch genauer untersucht zu werden. S. Tatum bey G. XXVII. 156.

§. 175.

Vermittelst der volta'schen Säule ist noch ein Unterschied der verschiedenen Körper entdeckt, welcher nicht füglich auf eine andere Weise aufgefunden werden konnte. Obgleich nämlich der §. 150 angegebene Unterschied derselben, wonach sie die E. entweder leiten oder nicht leiten, in einem höheren oder geringeren Grade allgemein statt findet; so zeigen einige zugleich noch ein verschiedenes Leitungsvermögen für die eine oder die andere der beyden Electricitäten. Dafs die Sache sich wirklich so verhält, läfst sich nach den genauen, von Erman angestellten Versuchen nicht bezweifeln, allein man hat noch keineswegs alle Körper hinsichtlich dieses ihres Verhaltens genügend untersucht, noch weniger aber ein allgemeines Gesetz desselben aufgefunden

Die ganze schätzbare, noch bey weitem nicht beendigte Untersuchung von Erman hat denselben zu folgenden Resultaten geführt. Für die gewöhnliche E. besteht allerdings der bisher erkannte Unterschied des grösseren oder geringeren Fortleitungs-Vermögens der E.; für die feineren Spannungen der volta'schen Säule aber zeigen sie eine Verschiedenheit, wonach sie in 5 Classen eingetheilt werden müssen.

1) Nichtleiter der E., durch welche kein Pol der Säule weder geladen noch entladen werden kann, oder

die vollkommenen Isolatoren. Sie hemmen die Schliessung der el. Kette, heben die gegenseitige Wirkung der erregten E. auf, oder isoliren. Es sind dieses diejenigen Körper, welche nach §. 150 stets als Nichtleiter oder sogenannte idioelectrische Körper angesehen wurden. Ihnen entgegengesetzt sind die vollkommenen Leiter.

2) Unter diese zweyte Classe der leitenden Substanzen gehören die bisher bekannten Leiter, wobey es jedoch nicht ausgemacht, vielmehr unwahrscheinlich ist, daſs sie alle gleich vollkommen die E. fortführen. Kommen sie in den Kreis der volt. Säule, so verschwinden die eigenthümlichen Eigenschaften beyder Pole vollkommen, und der Kreis ist geschlossen. Hierunter gehören vorzüglich die Metalle und überhaupt diejenigen Substanzen, welche nach Volta Leiter erster Classe, oder Erreger der E. durch Berührung genannt werden, und unterscheiden sich

3) von den unvollkommenen Leitern, oder Volta's Leitern der zweyten Classe. Sie stellen in den Kreis der volt. Säule gebracht zwar die Verbindung her, allein sie heben die specifischen Wirkungen der individuellen Pole nicht auf, wirken auf beyde Pole gleich, und werden daher unvollkommene bipolare Leiter genannt. Dahin gehört vorzüglich das Wasser, aufgelösete Salze und Alkalien, so wie überhaupt wahrscheinlich alle diejenigen Substanzen, welche als Zwischenmittel der verschiedenen Electromotoren gebraucht werden können. Durch eine merkwürdige Eigenthümlichkeit unterscheiden sich von ihnen diejenigen Substanzen, deren Leitungsvermögen sich bloſs gegen den einen Pol äuſsert, und welche daher im Kreise der volt. Säule die E. des einen Poles ableiten, die des andern aber isoliren, mithin den Kreis nicht schlieſsen. Sie zerfallen

4) in die vierte Classe der positiv-unipolaren Leiter, durch welche im Kreise der volt. Säule der + Pol entladen wird, der — Pol aber im maximo seiner Ladung bleibt. Hierunter gehört die Flamme des Weingeistes. Ist dieselbe nicht isolirt, so entladet sie jeden einzelnen Pol, und bringt das Electrometer am entgegengesetzten zur gröſsten D vergenz; im Kreise der Säule aber, oder mit den Dräthen beyder Pole berührt behält der — Pol seine gröſste Divergenz, der + Pol aber verliert sie völlig. Die Flamme des Weingeistes ist also positiv-unipolar-leitend. Aehnlich wirken die Flammen der Naphta, der fetten und ätherischen Oele, des Bernsteins, Kampfers, Harzes, Wachses, Talgs und des reinen Was-

serstoffgas. Die Flamme des reinen Schwefels ist isolirend, der Schwefelfäden aber, wegen vorhandenem Kohlenstoff und Wasserstoff ist positiv-unipolar-leitend.

5) Dagegen giebt es auf gleiche Weise wirkende negativ unipolare Leiter, als die Flamme des Phosphors, der trockne Eyweisstoff und die festen alcalischen Seifen.

S. Erman bey G. X. 1. XI. 143 und XXII. 14. Hiervon abweichende Resultate will Delezennes erhalten haben S. J. d. ph. LXXXII. 449. Die ganze Aufgabe kann gegenwärtig sehr leicht und vollständig vermittelst der trocknen Säule entschieden werden.

§. 176.

Da die Kraft der el. Säulen so viel schneller erschöpft wird, je stärker die sie bildenden Metalle durch den Einfluſs der feuchten Leiter oxydirt werden; so muſste man nothwendig zu dem Versuche veranlaſst werden, diese Oxydation möglichst zu verhindern, um dadurch die Wirkung zu verlängern. Weil hierzu nur ein einziges Mittel, nämlich die Entfernung des feuchten Zwischenleiters angewandt werden konnte; so kam die Angabe darauf hinaus, dieses durch irgend ein anderes zu ersetzen. Nach vielfachen Versuchen brachte de Lüc Säulen zu Stande, welche ihre electromotorische Kraft dauernd beybehielten; Zamboni aber, welcher sich mit dieser Aufgabe gleichfalls beschäftigte, war nicht sowohl glücklicher in der Wahl der Bestandtheile einer solchen el. Säule, als vielmehr in der Erfindung eines höchst beweglichen Pendels, welches durch die entgegengesetzten Pole zweyer Säulen in steter Bewegung erhalten wird. Man nennt diese sinnreich erdachten, nach seiner Angabe oder nach der des Herrn Jäger construirten Apparate Zambonische, oder auch trockne Säulen. Sie bestehen aus sehr dünnen Lagen Zink und Braunsteinoxyd oder Zink und Kupfer, welche als electromotorische Substanzen durch trocknes Papier als schlecht leitendes Zwischenmittel getrennt

werden, und die erforderliche Spannung durch die grofse Zahl der aufgeschichteten Elemente erhalten.

Den verschiedenen Einflufs des leitenden Zwischenmittels auf die Wirkung der Säule §. 172. beobachtete man bald. Genauere Versuche aber zeigten, dafs die el. Spannungen bey den verschiedensten Flüfsigkeiten dennoch gleich waren, so verschieden sich auch die Stärke der chemischen Action zeigte. Biot II. 518. bauete gleiche Säulen mit verschiedenen Flüfsigkeiten, und erhielt folgende Resultate.

Flüfsigkeiten.	Repulsionen.	Mittel.
Alaunsol.	84; 85; 87; 87; 91.	86,8.
Chlorins. Cali-Sol.	90; 87; 90.	89.
Salmiaksol.	88; 87.	87,5.
Wasser.	85; 86; 89; 88.	87.

Die el. Spannung war also ohngeachtet der ungleichen chemischen Wirksamkeit nahe gleich. Er bauete darauf eine gleiche Säule mit Pasten von geschmolzenem Salpeter, welche zwar keine Zerlegung des Wassers bewirkte, aber für verschiedene Zeiten folgende zunehmende Spannung am Electrometer zeigte.

Zeit der Berührung in Secunden.			Repulsionen in Graden.
1	—	—	31
2	—	—	51
3	—	—	60
4	—	—	70
5	—	—	75
10	—	—	84
25	—	—	86,5
50	—	—	87,5
75	—	—	88
100	—	—	88.

Man sieht aus diesen und ähnlichen Resultaten, dafs die volt. Säulen mit schlechteren Zwischenleitern eine gleiche el. Spannung als mit besseren geben, allein wegen der Langsamkeit der Erneuerung der E. können sie die nämlichen chemischen Effecte nicht hervorbringen. Vergl. G. XVIII. 129.

Es wurden dennoch lange Zeit viele Versuche gemacht, Säulen ohne alle Feuchtigkeit zu construiren, z. B. von Marechaux S. G. XXII. 313. XXIII. 220; von

Behrens, welcher die eigentliche Idee der nachher erfundenen zambonischen Säule oder des perpetuum mobile zuerst am bestimmtesten aufgefafst zu haben scheint, und seine Säulen aus Zink, Kupfer und Goldpapier aufbauete. S. G. XXIII. 4. Am eifrigsten arbeitete de Lüc an der Ausführung derselben, und trennte die electromotorischen Metalle durch die verschiedensten Substanzen, unter denen ihm Papier die besten Dienste leistete. Seine Säulen aus verzinntem Eisenblech und Goldblattpapier zeigten el. Spannung ohne chemische Wirksamkeit, und wurden von ihm auf meteorologische Beobachtungen angewandt. S. Singer 281. G. XLI. 162. XLIX. 100. Zamboni's Säule wurde 1814 bekannt, und besteht aus Scheiben ungeleimten Silberpapiers, welches auf der nicht metallenen Seite mit Honig oder Baumöl überstrichen und mit feinem Braunstein überpudert wird. Gegen 2000 solcher Lagen, von 3/4 bis 1 Zoll Durchmesser aufgeschichtet, in eine Glasröhre trocken eingekittet, geben eine nach ihm benannte Säule, und indem er zwey dieser Art, deren ungleichnamige Pole oben gegen 4 Zoll von einander standen, auf ein Brett lothrecht aufrichtete, und zwischen diese ein, wenig über seinem Schwerpunkte aufgehangenes, Pendel anbrachte, wurde dasselbe von der stets langsam erneuerten E. abwechselnd angezogen und abgestofsen. S. G. XLIX. 41.

H. Leibmedicus Jäger in Stuttgard änderte diese Einrichtung gleich nach der Bekanntwerdung derselben dahin ab, dafs er unächtes Gold- und Silberpapier zusammenleimte, Scheiben hieraus schnitt, und sie mit den verschiedenen metallenen Seiten auf einander zu einer Säule aufschichtete. Sie sind in der Wirkung den eben genannten ziemlich gleich, und zwey neben einander geben gleichfalls ein sogenanntes perpetuum mobile. Dem isolirten, aus einer dünnen, mit Siegellack überzogenen Glasröhre bestehenden Pendel giebt man unten eine Linse, oben einen silbernen Ring, und versieht die Enden der Säulen oben mit metallenen Glocken, wogegen sich das Pendel abwechselnd bewegt, und an dieselben schlägt. Man verfertigte sie in Stuttgard bald von beträchtlicher Gröfse, und erhielt durch diese nicht blofs die früher beobachteten Repulsionen in einem höheren Grade, sondern auch sichtbare Spuren einer chemischen Wirkung. Um diese zu erhalten bedarf man zweyer Säulen, jede gegen 1000 Lagen des genannten verschiedenen Papieres von 3 und mehreren Zollen Seite. S. Bohnenberger bey G. LIII. 352. Ramis in München, und Buzengeiger in

Tübingen verbanden das Pendel mit einem Uhrwerke, und benutzten die el. Kraft als fortdauernd wirkendes mechanisches Mittel. S. G. LI. 188. Vergl. LIII. 336. LX. 187.

Im Wesentlichen ist man nachher stets bey dieser anfänglichen Construction geblieben, obgleich einige Vorschläge zur Abänderung derselben geschehen sind. Unter andern schlägt Singer S. p. 282 als Elemente dieser Säule vor fein gewalzten Zink und ächtes Silberpapier mit Lagen von feinem trocknen Papiere abwechseln zu lassen. Er will nach dieser Art eine Säule von 60000 Lagen verfertigen, um zu versuchen, ob hierdurch chemische Wirkungen zu erhalten sind, S. p. 287, welches aber durch v. Bohnenberger längst erwiesen ist. Indeſs weiſs man immer nicht, ob die von ihm gebrauchte Säule als absolut trocken, mithin in sich selbst keine chemische Zersetzung erleidend anzusehen ist, welches mindestens sehr wahrscheinlich scheint.

Zamboni hat seitdem die verschiedenen Modificationen der nach ihm benannten Säulen noch weiter untersucht, und eine neue, weit wirksamere angegeben. Er überstreicht feines Silberpapier auf der nicht metallischen Seite mit einer mäſsig starken Auflösung von schwefelsaurem Zink, trocknet dasselbe an der Sonne bis zum Zustande der gewöhnlichen Trockenheit des Papiers, reibt in dasselbe aufgepudertes Magnesiumoxyd, und bauet dann die Säule vor dem gänzlichen Austrocknen des Papiers. S. G. LX. 153. Um sie dann gegen ferneren Einfluſs der Feuchtigkeit und Austrocknung zu sichern, schlieſst er dieselben in Glasröhren ein, und gieſst die Zwischenräume mit einem Firniſs aus Wachs und Terpentin aus. Diese Säulen zeigen eine stärkere bewegende Kraft und selbst bey gröſserer Helle einen sichtbaren Funken, welcher bey den Jägerschen oder früheren Zambonischen nur bey gröſster Dunkelheit sichtbar wird. S. G. ebend. 183.

Selbst zwey heterogene Körper mit einander verbunden geben durch Vervielfältigung el. Säulen. Solche erbauete Zamboni aus bloſsem Silberpapier, aus Zinkblättchen in ungleicher Berührung mit Wasser u. a. m. Er nennt dieselben zweyelementige. Daſs die Verbindung heterogener Substanzen E. hervorruft, ist nicht zu bezweifeln, ob sie aber bis zu derjenigen Stärke vermehrt werden kann, daſs sie leichte Körper in anhaltender Bewegung erhält, und ob nicht überhaupt bey den Versuchen Zamboni's einige E. durch den Condensator erregt

seyn mag, mufs noch durch fernere Untersuchungen näher geprüft werden.

Nach allen Untersuchungen zeigt sich, dafs bey den trocknen Säulen kein anderes Princip, als bey den nassen anzunehmen ist, und höchst wahrscheinlich liegt ihr Unterschied hauptsächlich in dem verschiedenen Leitungsvermögen der Zwischenmittel. Eine nasse Säule mit einem stark leitenden Zwischenmittel stellt ihre E. in unmefsbar kurzer Zeit wieder her, und wirkt daher in jedem Zeitmomente mit ihrer ganzen Intensität. Eine trockne Säule aber bedarf längere Zeit, um ihre verlorene Ladung wieder herzustellen. S. Pfaff bey G. LII. 108. Inzwischen hört bey absoluter Trockenheit und dadurch hervorgebrachter völliger Isolirung der einzelnen Elemente auch die Wirksamkeit der Säulen auf. S. Bohnenberger bey G. LIII. 353. Vergl. Parrot ebend. LV. 220. Zamboni bey G. LX. 153. Die gesammten so ausnehmend starken chemischen Wirkungen der nassen Säulen blofs der besseren Leitung des Zwischenmittels beyzumessen, bleibt indefs immer eine gewagte Hypothese.

§. 177.

Wenn man die mechanischen Wirkungen der E. den eigenthümlichen Geruch derselben und die diesem ähnliche Afficirung der Geschmacksorgane, die allmälige Herstellung des aufgehobenen Gleichgewichts, die verschiedene Leitungsfähigkeit der Körper für dieselbe, ihre chemische Wirksamkeit und überhaupt die Gesammtheit der Erscheinungen berücksichtigt, welche sie darbietet; so kann man nicht umhin, einen eigenthümlichen Stoff als die Ursache aller dieser Aeufserungen anzunehmen. Ungleich schwieriger ist die Entscheidung der Frage, ob die el. Erscheinungen nach Franklin aus einem Ueberflufs und Mangel dieser einen einfachen Potenz zu erklären sind, oder ob nach Symmer zwey unter sich höchst ähnliche, vorzüglich nur durch ihren Gegensatz unterschiedene Substanzen dabey zum Grunde liegen. Unleugbar lassen sich die meisten Erscheinungen nach beyden Theorieen sehr

gut erklären, und es würde demnach schon wegen des Gesetzes der Sparsamkeit consequenter seyn, der von Franklin aufgestellten beyzutreten. Allein selbst die Gesetze der el. Repulsion, insbesondere aber die Hervorrufung der E. durch Vertheilung, das Strömen beyder E aus Spitzen, die verschiedene Leitungsfähigkeit der Körper gegen dieselben und die Art der chemischen Zerlegung durch die volta'sche Säule sind mit der Annahme nur einer E. nicht wohl verträglich, und bestehen daher als vorzüglichste Gründe für den Dualismus in der Theorie der E.

Zur Annahme eines individuellen, die el. Erscheinungen hervorbringenden Stoffes berechtigen gleiche Gründe, als diejenigen, welche für Wärme und Licht geltend gemacht sind S. §. 81 u. 97. Auch die E. unterliegt den Bedingungen des Raumes, der Zeit und der gegenseitigen Anziehung zu den verschiedenen materiellen Substanzen, und bewegt sich noch obendrein frey durch den leeren Raum.

Franklin, der eigentliche Begründer der Electricitäts-Lehre, nimmt an, dafs alle Körper bis zum Grade der Sättigung mit E. erfüllt sind, und dafs hierin der natürliche Zustand des Gleichgewichts bestehe. Erhält ein Körper mehr als hierzu erforderlich ist, oder eigentlicher mehr als die umgebenden Körper, so ist er + el.; wird ihm dagegen von diesem zur Sättigung erforderlichen Antheile entzogen; so ist er — el. S. Benj. Franklin's Briefe von d. El. übers. von Wilke. Leipz. 1758. 8. Cavallo's u. andere ältere Werke über d. El. Vergl. Cavendish in phil. trans. LXI. 584. Aepinus tentamen theoriae El. et Magnetismi. Petrop. 1759. Auch in Donndorf's Lehre von d. E. Erf. 1784 und in Socin's Anfangsgr. d. El. Hanau 1778 u. a. ist diese Theorie vorgetragen. Robert Symmer nimmt dagegen zwey an sich unwesentlich verschiedene, einander entgegengesetzte Materien an, welche sich gegenseitig binden und neutralisiren. S. phil. trans. LXI. 340. Wie man aus beyden Theorieen die gemeinen, im Ganzen auf Anziehung und Abstofsung hinauslaufenden Erscheinungen erklären könne, darüber S. Gehler. Wenn nun bis so weit die franklin'sche Theorie ein entschiedenes Uebergewicht erhält, als es mit der in der Natur überall bemerkbaren Ein-

fachheit im Widerspruche seyn würde, zwey einander so höchst ähnliche Potenzen zur Erklärung der el. Phänome anzunehmen; so zwingt das tiefere Eindringen in die gesammten el. Erscheinungen allerdings zur Annahme zweyer E.

Das Hauptargument, welches Symmer und seine Anhänger Franklin entgegenstellten, war die Repulsion der — E. als positive Wirkung eines Mangels. Um diesem Einwurfe zu begegnen nahmen die Unitarier ihre Zuflucht zu einer el. Atmosphäre, indem sie behaupteten, dafs zwey — el. Körper die zwischen ihnen befindliche Atmosphäre an beyden Seiten mit + E. erfüllten, und hierdurch abgestofsen würden. Wenn aber, wie die Unitarier anzunehmen geneigt sind, die E. eine, absolute Repulsion besitzende, Potenz ist; so sieht man nicht ein, warum zwey im Zustande der Sättigung befindliche, also offenbar mit + E. geladene Körper sich nicht gleichfalls abstofsen sollten, und es hierzu erst eines verhältnifsmäfsigen Ueberflusses oder Mangels bedürfen sollte. Dagegen läfst sich die Erscheinung des Abstofsens leicht nach dem Dualismus erklären, wenn man annimmt, dafs die Sättigung beyder E. im gewöhnlichen Zustande, welcher jeder übrigen Neutralisation ähnlich seyn mufs, die gegenseitige Anziehung derselben aufhebt, jede nicht gesättigte E. dagegen die entgegengesetzte in dem nicht leitenden Medio aufsucht, und dadurch eine Anziehung der Körper bewirkt; dafs ferner bey gleichem el. Zustande zweyer Körper durch gemeinschaftliche Einwirkung zwischen denselben nur die Hälfte der entgegengesetzten E. angetroffen werden kann, als an der abgewandten Seite, sie folglich hierhin mit einer, dem einfachen umgekehrten Verhältnisse der Ladung proportionalen Kraft gezogen werden müssen, welches alles mit der Erfahrung völlig übereinstimmt. S. §. 154. Welcher Theorie man übrigens beypflichten will; so lassen sich auf keine Weise diese bekannten el. Erscheinungen aus einer Repulsion ableiten, sondern müssen auf allen Fall auf Anziehung zurückgeführt werden, so dafs sich das allgemeine Gesetz der Attraction auch hierin wirksam zeigt.

Einen gleichfalls sehr entscheidenden Beweis liefert die Erregung der E. durch Vertheilung in den sogenannten Nichtleitern, indem nach Franklin nicht begreiflich ist, warum z. B. ein Harzkuchen keine + E. annimmt, ohne dafs sein eigener Antheil + E. an der entgegengesetzten Seite abgeführt wird. S. §. 158. Bey der Annah-

me zweyer E. ist diese allgemeine Erscheinung eine nothwendige Folge der Theorie.

Daſs beyde E. aus Spitzen ausströmen zeigt sich durch den von mir angegebenen Versuch mit einer Räucherkerze oder kleinen Lichtflamme, welche man abwechselnd auf den + oder — Conductor setzt und ihnen eine nicht isolirte Spitze nahe bringt; oder auf ein Stativ stellt und eine isolirte, mit dem einen oder dem andern Conductor in Verbindung stehende Spitze nähert. S. G. XLI. 93. Vergl. Remer ebend. VIII. 323.

Ueber die verschiedene Leitungsfähigkeit der Körfür die hierdurch sich als verschieden charakterisirenden E. S. §. 175.

Ganz unverträglich mit der Annahme einer einzigen el. Materie ist die Art der Zerlegung der Körper in der Kette der volta'schen Säule. Wird z. B. Wasser in seine beyden Bestandtheile zerlegt; so muſs an jedem Drath-Ende sowohl Wasserstoffgas als Sauerstoffgas entbunden werden. Daſs aber in diesem Falle an jedem Ende nur eins von beyden sichtbar erscheint, ist bloſs dann erklärlich, wenn man annimmt, daſs das andere durch die E. gebunden zum entgegengesetzten Ende übergeführt wird. Vergl. Erman bey G. X. 17. Selbst das Hinüberführen des Kupfers zum Zink und des Zinkes zum Kupfer in einer thätigen volt. Säule stimmt weit mehr mit der Hypothese von zwey el. Flüſsigkeiten zusammen. S. §. 173.

Als ein Beweis für Franklins Theorie wird die Erscheinung angesehen, daſs eine Charte zwischen zwey etwas entfernten, auf beyden Seiten anliegenden Enden eines allgemeinen Entladers allezeit von d. + E. nach dem — el. Ende hin durchbrochen wird. S. Gough in Nichols. J. 1812. Jul. Vergl. Biblioth. Brit. 1812. Oct. Allein diese Thatsache beweiset bloſs die stärkere Spannung und Kraft der + E. zur Durchbrechung der nichtleitenden Luft, und fällt daher im luftleeren Raume weg. S. Tremery bey G. XXIII. 426. Eben diese Erklärung ist auf den Versuch von Cuthberson anwendbar, wodurch er die Franklinsche Theorie beweisen zu können glaubt, daſs nämlich eine Lichtflamme oder das Flugrädchen fig. 101 zwischen den Dräthen beyder Conductoren, stets nach der negativen Seite bewegt wird. S. G. XXIV. 113.

§. 178.

Ueber das eigentliche Wesen der el. Flüſsigkeit hat man verschiedene Hypothesen aufgestellt, ohne daſs bis jetzt irgend eine alle Forderungen befriedigend durchgeführt, oder über das bloſs Hypothetische hinaus zu einem höheren Grade der Evidenz erhoben werden konnte. Am meisten scheint die von de Lüc aufgestellte, wonach der Lichtstoff und eine unbekannte Grundlage als ihre Bestandtheile anzusehen sind, mit einiger Modificirung den Erscheinungen angemessen zu seyn. Den Lichtstoff für einen Bestandtheil derselben zu halten, fordert fast der unmittelbare Augenschein, und auf die Annahme einer bloſs aus sich selbst zu erkennenden unbekannten Grundlage führen sowohl die chemischen Wirkungen als auch insbesondere der sehr kenntliche Geruch. Es läſst sich dann ferner annehmen, daſs das Licht der Grundlage die Expansion ertheilt, und daher die + E. bloſs durch eine grössere Quantität desselben ihre verhältniſsmäſsig stärkere Expansion erhält. Endlich ist vielleicht die galvanische E. nach der Analogie der verschiedenen, durch die Verbindung des Wärmestoffes mit den ponderabelen Grundlagen entstehenden Gasarten gleichfalls eine Verbindung des Lichtes mit der Grundlage der E. in einem geringeren quantitativen Verhältnisse des ersteren, so daſs hieraus die viel geringere el. Spannung und grössere chemische Kraft erklärlich würde.

Newton glaubte in der E. eine der Schwere ähnliche Kraft zu erkennen, und du Fay führte sie nach Cartesius auf die Theorie der Wirbel zurück. Nach Wilke bestehen die beyden E. aus Feuer und Säure, S. Schwed. Abh. XXXIX. 68. nach Kratzenstein aus Säure und Phlogiston S. Lichtenb. Mag. I. 113; nach Forster aus Wärme und Phlogiston an eine feine Säure gebunden S. v. Crell neueste Entd. XII. 154; nach Gren aus Licht und Wärme, nach de la Metherie aus einer Art inflammabeler

Luft; nach Brugnatelli aus einer Art Säure; nach Schrader aus Sauerstoff und Lichtstoff; nach Lichtenberg aus Sauerstoff, Wasserstoff und Wärme. S. Gehler. Manche glaubten in der Grundlage der E. den Sauerstoff zu erkennen. S. Yelin's Experimentalnaturlehre §. 561. insbes. Ant. Heidmann vollständige, auf Versuche und Vernunftschlüsse gegründete Theorie der El. Wien 1799. 2 vol. Achard hielt sie schon früher mit dem Feuer für identisch, welcher Meinung auch Libes zugethan ist. S. l'electricité, sa cause, sa nature, sa theorie; le Galvanisme, le Magnetisme par M. Libes Par. Vergl. J. d. ph. LXVI. 393. Nach Lampadius bilden Licht und Wärme mit Sauerstoff die eine, mit Wasserstoff die andere E. welcher Meinung Schmidt zugethan ist. S. Natl. 457.

Die meisten dieser Hypothesen werden durch bekannte unleugbare Thatsachen widerlegt, und im Ganzen ist kein Grund vorhanden, warum wir nicht wegen der Menge ganz eigenthümlicher Wirkungen auch eine eigenthümliche Grundlage als Ursache derselben annehmen sollten. Dieser eine anderweitig bekannte unterzuschieben ist bedenklich, weil alle die hierzu vorgeschlagenen sich auf eine ganz verschiedene Weise äussern. So bildet Licht, Wärme und Wasserstoff das sehr kenntliche Wasserstoffgas, aber keine E. Besser ist es daher die Grundlage der E. vorerst noch als eigenthümlich und bloſs durch sich selbst erkennbar anzunehmen. Den Unterschied zwischen + und — E. aber bloſs in einem verschiedenen quantitativen Verhältnisse der beyden Bestandtheile zu suchen ist wegen der groſsen Aehnlichkeit beyder mindestens sehr wahrscheinlich, und die hiernach aufgestellte Hypothese läſst sich den Erscheinungen leicht und ungezwungen anpassen. S. System d. at. Physik. p. 158.

Inzwischen ist die Menge und Mannigfaltigkeit der Erscheinungen so groſs, daſs der menschliche Verstand sie kaum in ihrer Gesammtheit übersehen kann, und es unverzeihliche Arroganz voraussetzen würde, alle solche Hypothesen für etwas völlig Begründetes zu halten. Eine sehr interessante, von Davy gemachte Beobachtung scheint zur Entscheidung der vorliegenden Fragen von groſser Wichtigkeit, und verdient weiter verfolgt zu werden. Wenn man bey einer starken Säule einen + el. Platindrath der — el. Kohle nähert, so wird die Hitze desselben viel stärker und sein Verbrennen viel rascher seyn, als bey der umgekehrten Anordnung. Nimmt man aber statt der Kohle einen unvollkommenen Leiter, z. B.

Schwefelsäure, so wird der Drath, wenn die letztere + el. ist, augenblicklich glühen, wenn sie aber — el. ist, bemerkt man blofs einen Funken blauen Lichtes. S. Davy Elemente p. 156.

Wenn man vorzugsweise die Wirkungen der volt. Säule berücksichtigt, so kann man die enge Verbindung zwischen E. und Chemismus keinen Augenblick verkennen, und Davy meint, dafs dieses vielleicht der wichtigste Umstand ist, welcher bey ihrer Untersuchung in Betrachtung kommt. S. Elemente p. 139. ff. Nach ihm sind die meisten Körper, welche el. auf einander wirken, auch chemisch auf einander wirksam u. z. so, dafs diejenigen, welche sich am stärksten anziehen, bey der Verbindung + el. werden, z. B. Zink und Kupfer mit Säuren. Eben so werden bey starker Einwirkung der (galvanischen) E. die chemischen Anziehungen bedingt; z. B. Silber, welches das Wasser nicht zersetzt, wird am + Pole durch den Sauerstoff desselben gesäuert, Zink und Eisen am — Pole nicht. Indem nun überhaupt Körper, welche, in ihren kleinsten Theilen auf einander einwirkend, chemische Erscheinungen zeigen, als Massen el. Wirkungen äufsern, so läfst sich die erste Ursache beyder als gleich ansehen, jedoch nicht so, dafs beyde Wirkungen einander wechselseitig hervorrufen, sondern beyde von der nämlichen Kraft abhängen. Die zwischen den Platten im volt. Apparate befindlichen Flüssigkeiten müssen daher einer chemischen Zersetzung fähig seyn, welche Beschaffenheit mit der Fähigkeit, an der einen Fläche + an der andern — el. zu werden verbunden zu seyn scheint, und wegfällt, wenn dieselben kein Wasser enthalten. Zeigen daher andere Substanzen ähnliche Erscheinungen in einem geringeren Grade, so sind auch diese eine Folge des unbedeutenden Antheils von Wasser in denselben. S. Davy a. a. O.

Höchst merkwürdig und räthselhaft bleibt immer das grofse Mifsverhältnifs der mechanischen und der chemischen Kraft der auf verschiedene Weise erzeugten E. Der chemische Einflufs bey der Berührung heterogener Metalle läfst sich mit dem kleinsten Elemente sichtbar machen, wenn man einen Kupferdrath und einen Zinkdrath zugleich in verdünnte Salpetersäure taucht. Indem blofs der Zink aufgelöset wird, zeigt sich sogleich eine Auflösung des Kupfers, als man beyde berührt, und fängt bey jeder Berührung aufs Neue wieder an. S. Donovan J. d. ph. LXXXIV. 387. (Wenn anders der Kupferdrath wirklich aufgelöset wird, und nicht etwa blofs

Wasserstoffgas entwickelt.) Aehnlich ist folgende Erscheinung, wenn man auf eine Silberplatte etwas aufgelöseten Kupfervitriol gieſst, und diesen mit Eisen berührt, so wird letzteres mit Kupfer überzogen. Berührt man aber mit demselben auch die Silberplatte, so fällt das Kupfer auch auf diese nieder. Gieſst man auf eine salpetersaure Kupfersolution eine verdünnte, mit Alcohol gemischte Auflösung des salpetersauren Silbers, und senkt dann einen Kupferdrath hinein; so entstehn schnell metallische Vegetationen, an welche sich bey der Berührung der Kupfersolution Kupfer niederschlägt. Man will daher die metallischen Vegetationen allgemein als Wirkungen des Galvanismus ansehen, so geringe auch die Gröſse der dabey in Conflict kommenden metallischen Elemente ist. S. Grothuſs bey Gehlen V. 126. Dagegen aber vermögen 1000 vereinte Elemente kaum ein leichtes Pendel abzustoſsen. Auf ganz entgegengesetzte Weise wird eine Maschine, welche schwere Kugeln zurückstöſst, kaum nach langer Zeit eine unmerklich kleine Luftblase durch Zerlegung des Wassers hervorbringen, welches nach Davy davon herrührt, daſs die eigentliche Menge der erzeugten E. immer zu geringe ist, und daher durch v. Marum's u. Wollaston's Apparat nur auf eine sehr kleine Fläche gewirkt werden muſs, wenn chemische Zersetzungen erfolgen sollen. S. Davy Elemente 146. Nothwendig muſs dieser Unterschied erst gehörig aufgehellet werden, ehe von einer genügenden Theorie der E. die Rede seyn kann.

Zur Literatur dienen Gehlers und Fischers Wörterbücher, ferner

Priestley Geschichte u. gegenwärtiger Zustand der Electricität üb. von Krünitz 1772. 4.

B. Franklins Briefe von der Electricitätt, mit Anmerk. von J. C. Wilke. Leipz. 1758. 8.

Precis de l'Electricité par l'Abbé Jacquet. Vienne 1775.

An essay on electricity by G. Adams. Lond. 1784. übers. Leipz. 1785.

J. Cuthberson's Abhandl. von d. El. aus d. Holländ. übers. Leipz. 1786.

Physische Untersuchungen üb. die Electricität von Marat, übers. von Weigel. Leipz. 1784.

Practische Electricitätslehre von J. Langenbucher. Augsb. 1788.

Jos. Webers Theorie d. Electricität u. s. w. Salzb. 1785.

Lampadius Vers. u. Beob. üb. d. El. u. Wärme d. Atmosphäre. Berl. 1793. 8.

Kühn Neueste Entdeckungen in d. physical. u. medicin. El. Leipz. 1796. 2 vol. 8.

Beyträge zur theoretischen und practischen Electricitätslehre von G. C. Bohnenberger. Stuttgard 1793.

Beschreibung einiger Electrisirmaschinen und electr. Versuche von G. C. Bohnenberger. Stuttg. 1790.

Vollständige Abhandlung d. theoret. u. pract. Lehre von der Electricität von T. Cavallo, aus d. Engl. übers. Leipz. 1797. 2 vol. 8.

Jos. Gardini's Abhandlung von d. Natur d. el. Feuers, übers. von Geisler. Dresd. 1793.

v. Arnim's Versuch einer Theorie d. el. Erscheinungen. Halle 1799.

Vollständige, auf Versuche u. Vernunftschlüsse gegründete Theorie der Electricität von J. A. Heidmann. Wien 1799. 2 vol. 8.

Darstellung der gesammten Electricitätslehre von Fr. Saxtorph. Copenh. 1803.

Darstellung der Theorie d. Electricität u. d. Magnetismus von Hauy, übers. von Murhard. Altenburg 1801.

Das electrische System der Körper, ein Versuch von J. W. Ritter. Leipz. 1805.

Darstellung der Lehre d. Electricität, des Galvanismus u. Magnetismus von T. Cavallo, aus d. Engl. übers. Erfurt 1806.

Grundsätze d. Electricitätslehre zur Bestätigung der Franklin'schen Theorie von J. B. Van-Mons übers. von Wurzer. Marb. 1812.

Beyträge zur Erweiterung und Vervollkommnung d. Electricitätslehre von Meingosus Gälle. Salzb. 1813 u. 16. 2 vol. 8.

Grundrifs der Electrochemie von W. A. Lampadius. Freyberg 1817.

Elemente der Electricität u. Electrochemie von G. J. Singer, a. d. Engl. übers. u. mit Anmerkungen von C. H. Müller. Breslau 1819. (Durch die Anmerkungen das vollständigste über diesen Gegenstand.)

J. B. Trommsdorf Geschichte d. Galvanismus oder d. galvan. Electricität. Erf. 1808. (Seiner Chemie 5r Bd. ebend. 1803.)

Aloys. Galvani Abhandl. über d. Kräfte d. thier. El. u. s. w. herausgegeben von D. Joh. Mayer. Prag 1793.

Alex. Volta's Schriften üb. d. thier. El. aus d. Ital.

übers. Herausgegeben von D. J. Mayer. Prag 1793. Fortsetz. 1796.

C. H. Pfaff über thier. Electricität und Reitzbarkeit. Leipz. 1795.

F. A. Humboldt Versuche über die gereitzte Muskel- und Nervenfaser u. s. w. 1797 — 99. 2 vol. 8.

Beyträge zur näheren Kenntnifs d. Galvanismus von J. W. Ritter. Jena 1800. 2 vol. 8.

Der Galvanismus, eine Zeitschrift von Weber. 4 Hfte. Landshut 1802 — 3.

Volta's neueste Versuche üb. d. Galvanismus u. s. w. Wien 1803.

W. Pfaff Uebersicht über den Voltaismus u. d. wichtigsten Sätze zur Begründung einer Theorie desselben. Stuttg. 1804.

Das Wichtigste ist in den einzelnen Abhandlungen in den Zeitschriften von Gren, Gilbert, Gehlen u. Schweigger, desgl. in den ausländischen enthalten.

D) Magnetismus.

§. 179.

Der gröfste Theil des in der Erde gefundenen Eisens und Eisen-Erzes, wenn es nicht gänzlich oxydirt ist, hat die Eigenschaft, das Eisen anzuziehen, und bey freyer Bewegung eine gewisse Lage gegen die Weltgegenden anzunehmen. Beyde Kräfte sind dem Magnete eigenthümlich zugehörend, und bezeichnen das Wesen desselben. Die erstere, welche man vorzugsweise mit dem Worte Magnetismus bezeichnet, äufsert sich fast blofs gegen Eisen und eisenhaltige Substanzen, und durchdringt alle übrigen Körper; die letztere, gleichfalls unter dem Ausdrucke Magnetismus begriffen, nennt man einzeln für sich Polarität, weil die Axe eines jeden frey schwebenden Magnetes der Axe der Erde nahe parallel läuft, so dafs die Pole desselben eine den Polen der Erde correspondirende Richtung haben. Man

legt daher den Magneten zwey Pole, einen Nordpol und einen Südpol bey.

Als natürliche Magnete erscheinen vorzugsweise die sehr allgemein, vorzüglich in den nördlichen Theilen der Erde, Norwegen, Sibirien und auf der Insel Elba sich findenden Stücke des braunschwarzen Magnet-Eisensteins. Kleinere Bruchstücke dieses magnetischen Eisenerzes finden sich auch in andern Gesteinen eingesprengt, und ertheilen ihnen dadurch die magnetische Kraft; z. B. im Granit des Brockens und der Lüneburger Heide S. Hannöv. Mag. 1802. Mon. Jul. G. V. 376. Jordan ebend. XXVI. 256. und in dem Pfälzischen Serpentinstein nach von Humboldt bey Gren J. IV. 136. u. Zimmermann bey G. XXIX. 483. Das Eisen verliert seinen Magnetismus durch Oxydation, indeſs geht die Eigenschaft auch bey einem hohen Grade derselben nicht völlig verloren.

Die magnetische Anziehung durchdringt alle Körper, z. B. Holz, Glas, Wasser, Messing u. s. w. Nach eigenen beyläufigen Versuchen wurden die Schwingungszahlen einer Nadel in gleichen Zeiten nicht vermindert durch eine 1 zöllige Platte Marmor, 0,75 zöll. Scheibe Holz, 0,5 zöllige Lage Papier, 1 Lin. dicke Platte Kupfer, Zink, Messing, Zinn und Bley. Eine 0,5 Lin. dicke Scheibe Eisen verminderte die Schwingungen von 58 auf 31. Die Aufgabe verdient noch genauer theils allgemein, theils in der Beziehung untersucht zu werden, ob hiernach das Eisen die Compaſsnadeln am besten gegen äuſsere magnetische Einflüsse sichert.

Angezogen wird durch den Magnet bloſs Eisen, Nickel und Kobalt, und wenn derselbe auch von andern Körpern sollicitirt wird; so ist dieses ein Zeichen eines vorhandenen Antheils von Eisen in denselben, z. B. bey Bolus, Blutstein, Röthel, Tripel, Wasserbley, gefeiltem Zink, rohen Platin (Hausmanns Polyxen), einigen Edelsteinen u. s. w. Magnesium, Uranium, Titanium und Chromium sollten nach Ritter bey Gehlen IV. 1 ff. an sich vom Magnete angezogen werden, allein genauere Untersuchungen haben gezeigt, daſs sie diese Eigenschaft dem beygemengten Eisen verdanken. Ueber das reine Magnesium als unmagnetisch entscheidet Thomson Chemie franz. Ueb. I. 458. Ueber Chromium ist derselbe unentschieden, p. 614. Genaue eigene Versuche mit dem von H. P. Gmelin rein dargestellten zeigen dasselbe gleichfalls als nicht magnetisch. Nach sehr feinen Ver-

suchen glaubte Coulomb gefunden zu haben, dafs alle Körper der magnetischen Anziehung unterworfen wären, aber fortgesetzte Untersuchungen zeigten ihm, dafs die Erscheinung auf der Anwesenheit einer unmerklichen Quantität Eisen beruhe. S. Biot III. 117. Er will hierdurch $\frac{1}{132800}$ Eisen in feinem Silber gefunden haben.

Die Polarität eines jeden Magnets erkennt man sogleich, wenn man ihn mit Eisenfeile bestreuet und die Stellen aufsucht, wo dasselbe am stärksten angezogen wird. Jeder Magnet hat mindestens zwey Pole, manche anomale aber haben mehrere, und scheinen aus verschiedenen kleineren, durch unmagnetische Fossilien getrennten Magneten zu bestehen. Wird ein Magnet an einem Faden frey aufgehangen, oder auf einer Flüfsigkeit leicht beweglich schwimmend erhalten, so nehmen seine Pole ohngefähr die Richtung der Weltpole an, und der magnetische Meridian läuft dem astronomischen nahe parallel. S. §. 184.

§. 180.

Die beyden sich kenntlich machenden Pole ziehen einzeln das Eisen an, gegeneinander aber zeigen sie gegenseitige Anziehung der ungleichnamigen und Zurückstofsung der gleichnamigen Pole. In der Berührung mit Eisen erzeugen sie in diesem, so wie auch im Nickel und Kobalt, gleichfalls magnetische Kraft, welche sich im Stahl bleibend erhält, und noch aufserdem durch vielfache Modificationen in demselben hervorgerufen wird. Sowohl bey den hierdurch entstandenen künstlichen, als den natürlichen Polen heben sich die gegenseitigen Anziehungen nicht auf, sondern sie verstärken sich wechselseitig, und bilden durch zwischen ihnen befindliches Eisen den geshlossenen magnetischen Kreis.

Wegen der leicht kenntlichen Eigenschaft der gegenseitigen Anziehung heifsen die beyden Pole auch amici und inimici. Man benutzt dieselbe zu allerley Spielereyen, z. B. magnetische Fische, Würfel, Wahrsagung u. a. m.

Die Hervorrufung des Magnetismus im Eisen wird sogleich kenntlich durch die Art des Aneinanderhängens der Eisenfeile an einem Magnete, indem jedes einzelne Stückchen sofort zu einem kleinen Magnete mit zwey Polen gebildet wird. Genähertes Eisen erhält nämlich da, wo es den einen Pol berührt, die ungleichnamige, am entgegengesetzten Ende aber die gleichnamige Polarität durch Vertheilung. Hierin stimmt also der Magnetismus mit der El. vollkommen überein, mit dem Unterschiede, dafs die hiernach als Nichtleiter des Magnetismus anzusehenden Körper die Aufhebung des Gleichgewichts oder der Sättigung ungleich länger zu erhalten vermögen.

Viel stärker wird der Magnetismus hervorgerufen durch Bestreichen des Eisens mit schon gebildeten Magneten, wobey man den einfachen und Doppelstrich unterscheidet. Die Wirkung wird sehr verstärkt, wenn man die Enden des zu magnetisirenden Eisens mit den Polen starker Magnete in Berührung bringt und dann streicht. Wechselt man bey diesem Verfahren mit mehreren Magneten ab; so kann man dieselben bedeutend verstärken. In wiefern hierbey nach Brugmanns der Indifferenzpunkt und nach van Swinden der culminirende Punkt entstehen müsse, ergiebt sich leicht. S. Gehler. Weiches Eisen nimmt den Magnetismus leicht an, verliert ihn aber bald wieder. Gehärteter Stahl nimmt ihn schwerer an, behält ihn dann aber länger. Man hält hierbey diejenige Härtung, wenn er bis zur strohgelben oder blauen Farbe wieder angelassen ist, für die beste. Welcher Grad und welche Art der Härtung für alle einzelne Fälle am vortheilhaftesten ist, desgleichen wie weit der bedingende Einflufs der verschiedenen Beschaffenheit des Stahls sich erstreckt, ist noch nicht völlig ausgemittelt. Hinsichtlich des ersteren hat Coulomb durch genaue Versuche gefunden, dafs für solche Magnetstäbe, deren Länge mindestens das Dreifsigfache der Dicke ausmacht, die Härtung bey Dunkelroth am vortheilhaftesten ist, bey einem geringeren Verhältnisse aber die glasharte den Vorzug verdient. Biot III. 112. Nach Hatchet ist es auffallend, dafs Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor, drey Combustibilien, das Eisen zum längeren Festhalten des Magnetismus disponiren. S. G. XXV. 58. Indefs kommt diese Wirkung doch vorzugsweise nur dem Kohlenstoff zu. Aufser dem Eisen wird auch Nickel und Kobalt magnetisch. Von ersterem erhielt Biot eine Mag-

netnadel, deren Stärke sich zu einer stählernen wie 0,3088 : 1 verhielt. S. Biot III. 126. Vergl. G. XI. 371.

Das Eisen ist selten ganz unmagnetisch und nimmt überhaupt diese Disposition leicht in einem beträchtlichen Grade an. Vorzüglich geschieht dieses durch langes lothrechtes Stehen, weswegen Blitzableiter, eiserne Geländer, Stackete u. s. w. meistens magnetisch sind. Auch die eisernen Waagebalken der Probirwaagen sollen durch den Magnetismus unrichtig werden nach Studer bey G. XIII. 125. Noch wirksamer ist es, wenn dasselbe in dieser Lage, oder in der Richtung der Inclinationsnadel S. §. 185 mit einem Hammer geschlagen, mit Eisen gestrichen oder gegen den Boden gestoſsen wird. Ueberhaupt wird die Wirkung durch Bohren und Schneiden mit demselben, durch Ablöschen, Biegen und Zerbrechen desselben hervorgebracht. S. Gehler. Vergl. Gregory I. 50. Ueber die Hervorbringung des Magnetismus durch Licht S. §. 146. Auch durch electrische Flaschenschläge wird Eisen magnetisch. S. Singer 134.

Um die Kraft der natürlichen Magnete zu verstärken schleift man ihre Pole eben, belegt sie mit flachen, in dicke Enden auslaufenden Stücken Eisen, und bindet diese fest. Man nennt sie dann armirt oder gepanzert. Verbindet man die hervorragenden flachgeschliffenen Füſse dieser Armirung mit einem in seiner Länge zugeschärften Stücke Eisen, so daſs die stumpf zulaufende Schneide die flachen Füſse berührt; so heiſst dieses der Anker, und ein an denselben angebrachter Haken dient dazu, den Magnet mit Gewichten zu beschweren. Durch die Armirung wird die Ziehkraft ausnehmend vermehrt, nach Mersenne um das 16 bis 40, ja bis zum 320fachen der vorherigen Tragkraft. Gepanzerte Magnete tragen dann oft das 20 — 30fache ihres eigenen Gewichtes, und Cavallo berichtet einen kleinen Magnet von 7 gr. gesehen zu haben, welcher 300 gr. trug. Sind sie von 1 ℔ und drüber, so tragen sie selten mehr als das 10fache ihres Totalgewichts. S. Gehler. Der gröſste bekannte armirte Magnet im Teylerschen Museo wiegt mit Armatur 307 ℔ und trägt 230 ℔. S. Parrot II. 602.

Werden stählerne Nadeln, Stäbe, Ringe, oder Hufeisen (welche Form vorzuziehen ist, weil dadurch beyde Pole einander näher kommen) mit einem natürlichen, oder besser mit einem armirten oder einem künstlichen Magnete auf die angegebene Weise gestrichen; so nehmen sie den Magnetismus an. Merkwürdig ist dabey, daſs die magnetische Kraft sich an den Enden aufhäuft,

von da an schnell abnimmt, und nach der Mitte zu ganz verschwindet. S. Biot III. 63. Man legt dann zwey Stäbe nebeneinander und verbindet ihre freundschaftlichen Pole durch Eisen, oder man verbindet drey Magnetstäbe zu einem Dreyeck. Mehrere Magnetstäbe mit ihren gleichnamigen Polen aufeinander geschichtet und verbunden geben mächtig wirkende magnetische Batterieen. Die stärkste der Art ist die von Knight verfertigte, welche D. Fothergill der Societät schenkte. Sie kehrte die Pole nicht blofs der besten Magnetnadeln, sondern selbst natürlicher Magnete um. S. phil. trans. LXV. und LXIX. p. 51.

Bringt man zwey Magnete mit den ungleichnamigen Polen zusammen, so tragen sie so viel, als die vereinte Summe ihrer Tragkraft beträgt. Auch wenn man unter ein zu hebendes Stück Eisen eine Platte Eisen bringt, wird die Tragkraft des Magnetes vermehrt, weswegen man von einem eisernen Ambos mehr Eisen durch einen Magnet aufziehen kann, als von einem Tische. Noch mehr wird die Tragkraft vermehrt, wenn man unter das zu hebende Stück Eisen den freundschaftlichen Pol eines andern Magnetes hält. Die gröfste Stärke, wozu nach eigenen Beobachtungen unter gewöhnlichen Bedingungen die Ziehkraft künstlicher Magnete gebracht werden kann, ist das Siebenfache ihres eigenen Gewichtes.

Ueber die eigenthümlichen Schwingungen eines mit einer eisernen Kugel versehenen, 3 Fufs langen Pendels über einem starken Hufeisen-Magnete, beobachtet von P. Heinrich S. Gehlen J. V. p. 571.

§. 181.

Fast die nämlichen Mittel, welche den Magnetismus im Eisen hervorrufen, sind auch fähig denselben durch Umkehrung der Pole wieder zu zerstören. Aufserdem geschieht dieses durch diejenigen Einwirkungen, welche den regulinischen Zustand desselben aufheben.

Bringt man einen schwächeren Magnet mit gleichnamigem Pole an einen ungleich stärkeren, so wird der erstere nicht abgestofsen, sondern überwältigt und angezogen. Allmälig, in einer der Stärke des wirkenden Magnets umgekehrt proportionalen Zeit wird die Polarität gänzlich zerstört, und geht durch längere Einwirkung in die entgegengesetzte über.

Andere Mittel, den Magnetismus zu schwächen oder gänzlich zu zerstören, sind langes Liegen ohne Eisen anzuziehen, Rosten, Schlagen, Stoſsen, Biegen und der Einfluſs starker Flaschenschläge. Vorzüglich schwächt die Wärme den Magnetismus, indem nach eigenen wiederholten Beobachtungen im maximo belastete Magnete bey dem Einflusse natürlicher Wärme in Trocken-Stuben und auf Speichern, welche durch die Sonne stark erhitzt werden, bey 40° — 50° ihre Gewichte fallen lassen. Coulomb bemerkte eine Abnahme bey gleicher Tempenatur, welche bey höheren Graden der Temperatur stark zunahm. S. Biot III. 106. Das Glühen hebt den Magnetismus ganz auf. Vortheilhaft würde es seyn, den schwächenden Einfluſs der Temperatur genau zu bestimmen, um diese Correction bey der Bestimmung der absoluten und relativen Stärke des Magnetismus an verschiedenen Orten mit in Rechnung bringen zu können.

§. 182.

Die Kraft der magnetischen Anziehung ist mit der Entfernung abnehmend, und zwar im quadratischen Verhältnisse der Entfernung.

Daſs die magnetische Kraft mit der Näherung wächst, erkennt man bald durch Nahebringung des Ankers. Musschenbroeck fand das angegebene Gesetz bestätigt, indem er einen Magnet auf einem Tische befestigte, und Gewichte durch die Anziehung überwältigen lieſs. Er fand

Entfernung in Zollen	6;	5;	4;	3;	2;	1;	0.
Gewichte in Granen	3;	3,5;	4,5;	6;	9;	18;	57.

Ein eigenes Magnetometer beschreibt Saussure S. Reise in die Alpen II. 126. Sehr zahlreiche und zugleich höchst genaue Versuche hat Coulomb mit seiner Drehwaage angestellt, und damit das Gesetz durchaus bestätigt gefunden; auch näherte er magnetisirten Nadeln den freundschaftlichen Pol, und zählte die Schwingungen, welche dieselben in gleichen Zeiten machten. S. mem. de l'Acad. 1785 ff. Vergl. Gren n. J. II. 298.

§. 183.

Magnetisirte Eisenstäbe müssen durch die in ihnen hervorgebrachte magnetische Kraft auf gleiche Weise in den magnetischen Meridian ge-

zogen werden, als die natürlichen Magnete. Werden dieselben frey schwebend aufgehangen; so dienen sie dazu, theils durch ihre leichte Beweglichkeit die Anwesenheit kleiner Spuren des vorhandenen Magnetismus zu prüfen, theils die Richtung des magnetischen Meridians genau zu bestimmen, theils endlich die Kraft, womit sie in den magnetischen Meridian gezogen werden, durch die Anzahl der Schwingungen in einer gegebenen Zeit zu messen.

Hätten die künstlichen Magnete diese den natürlichen eigenthümliche Polarität nicht, so würde dadurch ein Unterschied zwischen dem durch Streichen hervorgerufenen und zwischen dem natürlichen Magnetismus begründet werden.

Um dieselben leicht beweglich zu machen kann man sie auf Quecksilber schwimmen lassen, welches jedoch zu vielen Widerstand entgegensetzt, oder vermittelst eines Korkes oder eines sonstigen Schwimmers auf Wasser. Ganz feine hing Bennet an einem Faden der Kreuzspinne auf, welcher nach seinen Versuchen so geringen Widerstand durch Drehung erleidet, dafs derselbe durch 18000 Drehungen noch nicht mefsbar wird. S. Gren J. VII. 355. Anderer Vorschläge nicht zu gedenken. Will man zugleich die Stärke der magnetischen Repulsion bestimmen; so hängt man sie an einem Silberfaden in die Coulomb'sche Drehwaage. Am gewöhnlichsten werden sie mit einem messingenen, mit einem Achat, Crystall oder sonstigen harten Steine versehenen Hütchen auf einer stählernen Spitze frey schwebend aufgehangen. Für viele Versuche ist est vortheilhaft, die dünnen Nadeln in der Mitte zu durchbohren, und das Hütchen in diese Oeffnung zu stecken, woraus der Vortheil entsteht, dafs sie umgelegt werden können, um die Richtung ihrer Axe und der magnetischen Mittagslinie zu vergleichen. Geschickte Künstler wissen durch eine genaue Lage des Schwerpunktes das unangenehme Beben derselben zu vermeiden. Schliefst man dieselben dann in eine Büchse mit einer Eintheilung des Kreises, welchen ihre Pole durchlaufen; so hat man die bekannte Boussole, oder den Compas.

Die Kraft des Magnetismus im Allgemeinen kannte man im höchsten Alterthume, die Erfindung der Boussole

aber, und ihre Anwendung dazu, die Richtung der magnetischen Mittagslinie zu bestimmen, wird dem Flavio Gioja oder Giri aus Amalfi im Neapolitanischen im Anfange des 14ten Jahrh. zugeschrieben. Es giebt aber Gründe, zu vermuthen, daſs der Compas den Chinesen bekannt war, von dort zu den Arabern und so nach dem Occidente kam. S. Geogr. Ephem. 1810. Apr. p. 405. Nach Hager geht diese Kenntniſs bey den Chinesen bis 1100 J. v. Ch. G. zurück. S. Memoria sulla Bussola orientale u. s. w. Pavia 1810. 33 S. fol. vergl. Hermbstädt Büllet. 1810. VI. 1. p. 26. Daraus, daſs die magnetische Kraft sich an den Enden anhäuft, folgt, daſs die beste Form der Nadeln die eines länglichen Parallelopipedon ist, oder daſs sie gegen die Enden spitz zulaufen müssen. Eine Zunahme der Ausdehnung nach den Enden hin ist auf allen Fall verwerflich, wie auch Coulomb durch seine Erfahrungen bestätigt gefunden hat. S. Biot III. 116. Man streicht dieselben am besten mit dem Doppelstrich, wobey es nicht unwesentlich ist dahin zu sehen, daſs die zum Streichen gewählten Magnete eine gleichmäſsige Richtung behalten, damit die Pole genau in die Spitzen zu liegen kommen und keine anomale erzeugt werden. Dennoch fällt die magnetische Axe nicht immer mit der geometrischen zusammen, weil es selbst bey einem angelegten Lineale kaum möglich ist, allezeit die nämliche Richtung beyzubehalten. Es dürfte daher rathsam seyn, entweder die Nadeln überhaupt zum Umlegen einzurichten, oder die Richtung der magnetischen Axe vorher genau zu bestimmen.

Der Kreis, welchen die Spitze der Magnetnadel durchläuft, wird auf verschiedene Weise eingetheilt. Will man die beständig gleichmäſsige Richtung derselben zum Messen der Winkel gebrauchen; so theilt man denselben in 360° und deren Theile, (Hänge-Compaſs; Patentboussole); schlechthin bergmännisch in Stunden und Achtel derselben; für den Schiffs-Compaſs, welcher auſserdem den Einfluſs des Schwankens zu compensiren beweglich aufgehangen seyn muſs, wählt man die Windrose (Strich-Compaſs, Azimuthal-Compaſs).

Nach den angegebenen Gesetzen zeigt jede feine Magnetnadel durch die Anziehung das Vorhandenseyn des Eisens; daher ihre Anwendung in der Mineralogie. Ist das genäherte Eisen (oder Nickel und Kobalt) selbst polarisch, so muſs zugleich Anziehung und Abstoſsung der ungleichen Pole statt finden, wobey vorzüglich dahin zu sehen ist, daſs schwache Aeuſserungen der Polarität mit

sehr kleinen Nadeln gemessen werden, um sie nicht zu überwältigen und dadurch zu vernichten.

Die Richtung vollkommener Nadeln giebt den magnetischen Meridian richtig an. Brauchbare Apparate, um sowohl den magnetischen Meridian und seine Abweichung vom geographischen (Declination) genau zu bestimmen, als auch die täglichen, jährlichen und periodischen Veränderungen desselben zu beobachten (Declinatorien) verfertigte unter andern früher Brander. S. dessen Beschreibung eines magnetischen Declinatorii und Inclinatorii, nebst einer Anweisung, wie man sich dieser Instrumente bedienen soll. Augsburg 1799. Von vorzüglicher Feinheit ist Coulombs microscopische Boussole S. mem. de l'acad. 1785. Für ein günstiges Locale giebt die gröfste Genauigkeit Prony's Declinatorium S. J. d. ph. XLIV. 474. G. XXVI. 275.

Um vermittelst der Magnetnadel die Gröfse der magnetischen Kraft zu messen darf man nur berücksichtigen, dafs sie pendelartig um ihr Centrum schwingt, wobey die magnetische Anziehung die das gemeine Pendel bewegende Schwere ersetzt. Wenn man nun, als den leichtesten Fall, mit der nämlichen Nadel zu verschiedenen Zeiten oder an verschiedenen Orten die magnetische Kraft aus der verglichenen Zahl der Schwingungen bestimmen will; so folgt aus der Formel für Pendelschwingungen $t = \sqrt{\frac{2L}{tg}}$, dafs für zwey ungleiche magnetische Kräfte g u. g′ das Verhältnifs $g : g' = \frac{1}{t^2} : \frac{1}{t'^2}$ ist, wonach die magnetische Kraft sich umgekehrt wie die Quadrate der Schwingungszeiten verhält. Es ist aber für m und n Schwingungen $t = \frac{1}{m}$ und $t' = \frac{1}{n}$ mithin ist $\frac{g}{g'} = \frac{m^2}{n^2}$ oder die magnetische Kraft ist dem Quadrate der Schwingungsmengen in gleichen Zeiten proportional. Ueber die absolute Kraft des Magnetismus, wodurch die Nadeln bewegt werden S. unter andern Biot III. 15.

§. 184.

Der magnetische Meridian fällt nicht allgemein mit dem geographischen zusammen, sondern weicht an verschiedenen Orten mehr oder

weniger davon ab. Diese Abweichung oder Declination ist übrigens nicht blofs an den verschiedenen Orten der Erde verschieden, und sogar in langen, noch nicht bestimmten, vielleicht gar nicht regelmäfsigen Perioden veränderlich, sondern zeigt auch einen gewissen von den Jahres- und Tageszeiten abhängigen Wechsel. Aufserdem giebt es mehrere einzelne, zum Theil noch problematische Ursachen, welche die Richtung der Magnetnadel afficiren.

Wegen der mannigfaltigen Schwierigkeiten, welche einer genauen Beobachtung der Declination im Wege stehen, und hauptsächlich sowohl in der richtigen Bestimmung der Mittagslinie, als auch in dem Einflusse des genäherten Eisens liegen, ist man bis jetzt noch nicht dahin gekommen, die Abweichungen an allen verschiedenen Orten der Erde genau zu bestimmen. Inzwischen ist die Anzahl der Beobachtungen grofs genug, um die Richtung der verschiedenen magnetischen Meridiane daraus herleiten zu können.

Am interessantesten ist die Aufsuchung derjenigen Linien, wo keine Abweichung statt findet, welche aber nicht mit dem geographischen Meridiane gleichmäfsig fortlaufen. Nach den neuesten, vorzüglich durch v. Humboldt angestellten Beobachtungen läuft eine solche Linie durch einen Theil des atlantischen Oceans, schneidet den Meridian von Paris bey 65° S. B. geht von dort N. N. westlich bis 35° westl. Länge nach der Küste von Paraguay, nimmt alsdann ihre Richtung nördlich an der Küste von Brasilien her bis in die Breite von Cayenne. Von hier wird sie schnell nordwestlich, geht nach den vereinten Staaten von Amerika und in der nämlichen Richtung durch das Continent von Nordamerika.

Den Nachrichten zu Folge ist dieselbe nicht festbleibend, sondern hat sich von Osten nach Westen bewegt, ging 1657 durch London, 1664 durch Paris, so dafs sie in 150 Jahren gegen 80° der Länge durchlaufen hat. Ob sie sich noch weiter bewegen oder still stehen wird, mufs die Zeit lehren.

Eine andere Linie ohne Abweichung fängt im stillen Ocean an, schneidet die westliche Spitze von Neuholland, geht durch das Indische Meer und schneidet beym Cap Camorin in Asien ein, läuft durch Persien

und das westliche Sibirien nach Lappland hin. Auffallend ist, daſs diese Linie sich in zwey Arme theilt, wie namentlich durch Schubert's Beobachtungen 1805 auſser Zweifel gesetzt ist. Dieser zweyte Arm trennt sich im groſsen Indischen Archipelagus, läuft ganz nördlich durch denselben nach China, durchschneidet dasselbe und läuft durch den östlichen Theil von Sibirien. Beyde Arme bewegen sich gar nicht, oder sehr langsam, denn wenigstens in Neuholland hat sich die Declination in 140 Jahren gar nicht verändert. Eben dieses findet in Jamaika statt, wo gleichfalls seit eben so langer Zeit keine Veränderungen bemerkt sind, und man muſs diese daher in den verschiedenen Parallelen für ungleich halten. Noch eine vierte Linie ist von Cook im Südmeer entdeckt, aber von den Reisenden in nördlichen Gegenden nicht weiter verfolgt und bezeichnet. Auch diese muſs aber ganz herumlaufen, denn die Zahl der magnetischen Linien muſs gleich seyn, weil sonst auf beyden Seiten derselben die Magnetnadeln nicht nach ihnen hingeneigt seyn könnten.

Auf beyden Seiten jeder dieser Linien, so wie man sich östlich oder westlich entfernt, wird die Abweichung der Nadel dieser Entfernung entgegengesetzt. Sie ist daher westlich im westlichen Europa, z. B. in Salzburg 1798 = 18° 36'; in Dresden 1797 = 18° 30'; in Berlin 1805 = 18° 5'; in Stockholm 1787 = 15° 17'; in Ispahan aber 1787 nach Beauchamp = 7° 30'. Dagegen fand Schubert zu Catharinenburg 5° 27' östl. zu Kasan 2° 2',5, zu Irkutzk 0° 32'. S. G. XXVII. 468. Die gröſste Abweichung auf der südlichen Halbkugel fand Cook bey 60° 49' S. B. und 93° 45' westl. L. von Paris = 43° 45' westl. und auf der nördlichen bey 70° 19' N. B. und 161° 1' östl. Länge = 36° 19' östl. S. Biot III. 134. Vergl. Lambert in astr. Jahrb. für 1779. Vancouver Entdeckungsreise 3r Bd. Geogr. Ephem. IV. 152. Monat. Cor. I. 128. Eine Menge Nachweisungen S. G. XXX. 481. und in mehreren folgenden Bänden, namentlich die Resultate der Beobachtungen von La Peyrouse XXXII. 77. von Cook XXXV. 206. u. a. m.

Daſs die Abweichung der Magnetnadel an einem und demselben Orte in verschiedenen Jahren verschieden ist, geht aus der Vergleichung der von den nämlichen Beobachtern und mit gleichen Instrumenten angestellten Beobachtungen unverkennbar hervor. Namentlich ist in unsern Gegenden die Abweichung seit langer Zeit zunehmend westlich gewesen, seit dem Anfange dieses

Jahrhunderts stillstehend, und kann gegenwärtig noch als stillstehend oder schon als rückgängig angesehen werden. Am überzeugendsten folgt dieses aus den genauen Beobachtungen in Paris von Cotte, deren Hauptresultat ist:

von 1792 bis 1794	Abweichung	westl.	21° 54′	
Im Jahr 1798	—	—	22° 17′	
— 1799	—	—	22° 0′	
— 1800	—	—	22° 12′	
— 1801	—	—	22° 1′	
— 1802	—	—	21° 45′	
— 1803	—	—	21° 59′	
— 1804	—	—	22 10′	

S. J. d. ph. 1804. Nov. Andere Beobachter erhielten im Wesentlichen hiermit übereinstimmende Resultate. Cassini fand 1799 Abweich. 22° 49′; Bouvard 1802 = 22° 3′. Im J. 1816 war sie gleichfalls auf dem Observatorio 22° 25′; im J. 1817 aber 22° 19′ S. Ann. de chim. 1816. Dec. Die Genfer Beobachtungen geben S. G. XXVII. 467.

Für 1800	westl.	Abw.	21° 29′ 50″
— 1801	—	—	25′ 50″
— 1802	—	—	26′ 50″
— 1803	—	—	18′ 30″
— 1804	—	—	13′ 0″

Am zahlreichsten und genauesten sind die Beobachtungen, welche Gilpin in London angestellt und mit älteren verglichen hat. S. phil. trans. 1806. P. II. im Auszuge in J. d. ph. LXV. 431. G. XXIX. 384. Hinsichtlich der längeren Perioden hat er folgende Resultate zusammengestellt.

Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	jährl. Vorrücken n. W.
Burrow	1580	11° 15′ O.	
Gunter	1622	6 0	7,5
Gellibrand	1634	4 6	9,6
Bond	1657	0 0	10,6
Gellibrand	1665	1 22 W.	10,2
Halley	1672	2 30	9,7
	1692	6 0	10,5
Graham	1723	14 17	16,0
	1748	17 40	8,1
Heberden	1773	21 9	8,4
Gilpin	1787	23 19	9,3
	1795	23 57	4,7
	1802	24 6	1,2
	1805	24 8	0,7

Die mit den Jahreszeiten sich verändernde Abweichung der Magnetnadel haben viele beobachtet. Nach Cotte ist sie am kleinsten im Sommersolstitium. S. G. XXVII. 463; Cassini fand sie von den Frühlingsnachtgleichen bis zur Sommersonnenwende abnehmend, von da an stets zunehmend. S. Biot III. 143. Daher geben die zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungen sehr ungleiche Resultate. So fand Bouvard in Paris 1802 d. 2ten May 22° 3′, den 22sten July aber 21° 45′. Cotte ebendaselbst 1804 im May 22° 5′, im September 22° 15′ u. a. m. S. G. a. a. O. Nach zwölfjährigen Beobachtungen von Gilpin a. a. O. in den Jahren 1793 — 1805 wird die Abweichung gröfser (westlich) vom Wintersolstitium bis zur Frühlings-Nachtgleiche um 0′,80; von da bis zum Sommersolstitium nimmt sie ab (geht östlich rückwärts) um 1′,43, nimmt dann wieder zu bis zur Herbstnachtgleiche um 2′,43 und vermindert sich wieder bis zum Wintersolstitium um 0′,14. Zu der nämlichen Zeit aber, wenn die jährliche Periode ihr Minimum erreicht, kommen die täglichen Veränderungen zum Maximum, nämlich zwischen den Frühlings- und Herbst-Nachtgleichen. Sie betragen nach Cassini zu Paris 13 bis 16′, die kleinsten dagegen zwischen 8 und 10′. Man hat diese Betrachtungen schon frühe zu Paris und zu London gemacht. S. phil. trans. LXIV. p. 2. Nach Cotte ist die Magnetnadel Abends zwischen 7 u. 8 Uhr stationär, um 8 Uhr Morgens ist die Abweichung am kleinsten, um 2 Uhr Nachmittags aber am gröfsten. Nach Gilpin aus 16monatl. Beobachtungen ist die Declination stationär im minimo Morgens zwischen 7 — 8 Uhr, und im maximo gegen 1 — 2 Uhr Nachmittags. Diese täglichen Veränderungen betrugen nach zwölfjährigen Beobachtungen im Mittel im März 8′,5; im Junius 11′,2; im Julius 19′,6; im September 14′,8; im December 7′,6. S. a. a. O.

Unter die verschiedenen, zum Theil noch problematischen Einflüsse auf die Magnetnadeln gehört unter andern das Nordlicht, welches dieselbe indefs nur in vorübergehende Schwankungen versetzen soll. S. Biot III. 143. vorzüglich v. Humboldt bey G. XXIX. 428. Vergl. Meteorol. Auch bey Gewittern will man eine Afficirung derselben wahrgenommen haben, obwohl auch hiervon die Ursache eben so wenig genügend nachgewiesen ist, als von den übrigen plötzlichen Anomalieen, welche dieselbe nicht selten zeigt, z. B. d. 21sten Dec. 1789 verlor der Magnet d. H. Gruber zu Polozko plötzlich seine Kraft, und erhielt sie erst nach 10 Stunden von selbst

wieder. S. Allg. Lit. Zeit. J. Bl. 1790. N. 56. Viele andere Fälle enthalten die Berichte der Seefahrer.

§. 185.

Wenn eine völlig fertige Nadel vor dem Magnetisiren in ihrem Schwerpunkte so aufgehangen wird, daſs sie sich in einer verticalen Ebene um ihr Centrum frey bewegen kann; so wird sie nach der Mittheilung des Magnetismus auf der nördlichen Halbkugel mit dem Nordpole, auf der südlichen mit dem Südpole herabsinken, und mit dem Horizonte einen den Graden der Breite proportionalen Winkel bilden. Solche Nadeln, in einem zum Messen dieses Winkels bequemen Apparate heiſsen Inclinationsnadeln, inclinatoria. Sie zeigen den Inclinationswinkel bloſs dann genau, wenn sie im magnetischen Meridiane gerichtet sind, nehmen aber die lothrechte Stellung an, wenn sie mit demselben einen rechten Winkel bilden. Die Beobachtungen mit denselben in verschiedenen Gegenden der Erde zeigen das Vorhandenseyn eines eigenen, weder mit dem Aequator der Erde zusammenfallenden noch auch die magnetischen Meridiane insgesammt normal schneidenden magnetischen Aequator.

Robert Norman machte 1576 zuerst Versuche mit der Inclinationsnadel bekannt, für deren Erfinder er gehalten wird. Weil die genannte Eigenschaft der Neigung allen magnetisirten Nadeln eigen ist, so sind diejenigen, welche sich in den Schiff-Compassen befinden, mit einem verschiebbaren Gegengewichte versehen, um in allen Breiten horizontal gestellt zu werden.

Die Verfertigung völlig genau gearbeiteter Inclinationsnadeln ist mit groſsen Schwierigkeiten verbunden. Sehr schön sind sie früher durch Brander geliefert, und sehr zweckmäſsige, durch die Ausführung völlig bewährte Vorschläge, nebst einer Anweisung, die Fehler des ungleichen Gewichtes der Nadeln durch Rechnung zu verbessern, sind von J. T. Mayer S. Comment. de usu accurat.

acus inclinat. magnet. in Com. rec. Soc. Gott. T. III. G. XLVIII. 229. Ebendaselbst findet man die Beurtheilungen der Branderschen und sonstigen Inclinatorien. Vergl. Brander's Beschreibung u. s. w. Augsb. 1779. Ueber das Borda'sche Inclinatorium S. Gren J. VII. 448. Geograph. Ephem. 1799. p. 146 – 61. G. IV. 448. Die Stärke der magnetischen Kraft ist auch hierbey den Quadraten der Schwingungen in gleichen Zeiten proportional, der Winkel aber, welchen die Nadel mit dem Horizonte macht, ist der wahren magnetischen Neigung gleich, und um bey einer übrigens gut gearbeiteten und hinlänglich beweglichen Nadel den Fehler wegen der unrichtigen Lage des Schwerpunktes und der schiefen Richtung der magnetischen Axe zu verbessern, darf man dieselbe nur umlegen und aus beyden gemessenen Winkeln das arithmetische Mittel nehmen. Zur Bestimmung des magnetischen Meridians bedient man sich einer genauen Declinations-Nadel.

Aus den Berichten wissenschaftlicher Reisenden, welche aufser mehreren früheren Bearbeitungen derselben zusammengestellt und verglichen sind durch Biot und v. Humboldt S. Les variations du magnetisme terrestre a differentes Latitudes par M. Humboldt et Biot cet. Par. 24 S. t. 2 K. 4to. Vergl. Biot III. 127 ff. geht hervor, dafs es einen um die ganze Erde herumlaufenden magnetischen Aequator giebt, wo die Inclinationsnadel horizontal steht, und von dessen beyden Seiten aus die nördliche und südliche Inclination den Graden der Breite proportional wächst, bis sie in den magnetischen Polen wahrscheinlich ihr maximum, d. h. 90° erreicht. Mit Ausnahme einer oder einiger starken Krümmungen durchschneidet dieser den geographischen Aequator in einem Winkel von 12°. Der eine Knoten desselben ist bey 115° 34′ westl. Länge von Paris im Südmeer bey der Insel Gallego, 900 Lieues von den Küsten Perou's, wonach der zweyte Knoten in 295° 34′ westl. Länge fallen mufs. Allein nach den genauen Beobachtungen von William Bayly und Cook auf zwey Schiffen 1777 wurde der magnetische Aequator bey 158° 50′ 9″ westl. L. und 3° 13′ 40″ südl. Br. angetroffen, statt dafs er sich bey 8° 36′ 30″ nördl. Br. hätte finden müssen. Bayly und Dalrymple fanden aufserdem im Indischen Meere bey 256° westl. L. und 7° nördl. Br. den magnetischen Aequator, und man mufs daher annehmen, dafs zwischen 115° 34′ und 158° 50′ 9″ westl. L. d. magnetische Aequator nochmals den geographischen schneidet, und abermals zwischen

der letzteren und zwischen 256° westl. Länge, bis er an den zweyten Hauptknoten in 295° 34′ kommt. Diese letztere Anomalie läfst sich nicht füglich anders als aus einem partiellen störenden Einflusse eines Magnetes im Innern der Erde erklären. In Europa, Asien, Afrika, dem atlantischen Ocean und den Ostküsten von Amerika scheint der magnetische Aequator einen regelmäfsigen gröfsten Kreis zu bilden und die Inclination auf beyden Seiten gleich zu seyn. Der eine magnetische Pol wäre demnach bey 25° westl. Länge und 90° — 12° = 78° nördl. Breite im östl. Theile von Grönland, der andere bey 205° westl. Länge und 78° südl. Breite, welches mit den Beobachtungen nahe übereinstimmt.

Die magnetische Inclination scheint weder langen Perioden, noch jährlichen und täglichen Veränderungen unterworfen zu seyn. S. Cavallo Lehre vom Magnete mit eigenen Versuchen, a. d. Engl. Leipz. 1788. 8. In England fand sie Robert Norman 1576 = 71° 50′. Im J. 1775 war sie nach Gilpin und Cavendish = 72° 30′, im J. 1805 aber 70° 21′, welches Resultat durch v. Humboldt bestätigt ist. S. G. XXIX. 400. In Torneâ ist sie 78°, auf Spitzbergen 81° 30′ nördl., auf dem Cap der guten Hoffnung aber 41° 44′ südl. gefunden. In Paris fand Coulomb 1803 die Neigung = 69° 29′. S. mem. de l'Inst. IV. Andere fanden sie 70° 15′ S. J. d. ph. LX. 31. Cotte aber behauptet alle Beobachtungen, vorzüglich die älteren von Dühamel, Musschenbroeck u. a. bis 1808, seyen unzuverläfsig. S. J. d. ph. LXV. 295. Im J. 1816 d. 6. Oct. wurde sie nach genauen Beobachtungen 68° 40′ gefunden, S. Ann. d. chim. Dec. im J. 1810 im Oct. = 68° 50′, und mit derselben Nadel 1817 im März gleichfalls 68° 50′.

§. 186.

Die absolute Stärke der magnetischen Anziehung nimmt vom Aequator an nach den Polen zu, bey bedeutender Erhebung über die Oberfläche der Erde aber nicht merklich ab, so dafs der Magnetismus hiernach zu schliefsen sich bis in unendliche Fernen erstrecken müfste. Alle Erscheinungen desselben lassen sich übrigens aus der Hypothese eines oder mehrerer in der Erde befindlicher natürlicher Magnete leicht und genügend erklären; was aber die magnetische Kraft

an sich sey, und worin sie bestehe, wird um so schwerer zu bestimmen, je einseitiger die Wirkungen derselben überhaupt sind.

Eine absolut gröſsere Stärke der magnetischen Kraft in nördlichen Gegenden verglichen mit der in südlichern geht aus den Beobachtungen v. Humboldt's hervor. Dieser fand, daſs seine Nadel, welche in Paris 245 Schwingungen in 10 Minuten machte, in Peru nur bis 211 kam, obgleich die nämliche Nadel nach drey Jahren in Mexico wieder die nämliche Zahl von Schwingungen als in Paris gab. Ihre Stärke stand also an beyden Orten im Verhältniſs von 1 : 0,742. Zu ähnlichen Resultaten führen die Versuche, welche Rossel zu Brest und Neuholland angestellt hat.

Daſs die magnetische Kraft in beträchtlicher Erhebung über der Erdfläche nicht bedeutend abnimmt, ist durch Versuche von Biot und Gay-Lüssac bey ihrem aerostatischen Auffluge bewiesen, indem die mitgenommene Magnetnadel in einer Höhe von 3532 Toisen gleiche Stärke, als an der Oberfläche der Erde zeigte. S. G. XX. 11. Es verdient aber beachtet zu werden, daſs Sacharow bey seinem Auffluge gerade das Gegentheil beobachtete. G. XX. 120. Angenommen daſs die erstere Beobtung die richtigere ist, daſs zugleich die magnetische Richtung und Anziehung durch einen oder mehrere Magnete im Innern der Erde erklärt werden könnte, und die magnetische Kraft auch für die Wirkung desselben den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional wäre; so müſste dieselbe sich ausnehmend weit und bis in unendliche Ferne, wie die Schwere erstrecken.

Man kann die sämmtlichen Declinationen und Inclinationen der Magnetnadeln leicht aus der Hypothese erklären, daſs sich im Mittelpunkte der Erde ein kleiner Magnet oder noch besser zwey kleine, einander sehr nahe liegende Magnete befinden, deren Anziehung das angegebene Gesetz befolgt. Viele haben dieselbe aufgestellt, und auf die bekannten Beobachtungen angewandt, vorzüglich Halley, welcher einen Magnet mit vier Polen annehmen zu müssen glaubte, wogegen Euler und Tob. Mayer zwey Pole, deren Lagen sich durch unbekannte Ursachen ändern sollen, zur Erklärung der Erscheinungen für hinlänglich halten. S. Euler Recherches sur la declinaison de l'aiguille aimanté in Mem. de Berlin 1757 u. 1766. Ueber T. Mayers ungedruckte Abh. S. J. T. Mayer Natl. p. 523. Gött. Gel. Anz. 1762. p. 377.

Vergl. die eben so ausführliche als gründliche Untersuchnng und Berechnung der Declinationen und Inclinationen der Magnetnadel von Mollweide bey G. XXIX. 1 und 251. Zuletzt haben Biot und Humboldt die magnetischen Inclinationen wenigstens für diejenigen Gegenden, wo der magnetische Aequator kreisförmig ist, auf einen kleinen zweypoligen Magnet im Innern der Erde zurückgeführt. Die angezeigte Abweichung im Südmeer müfste dann aus einem noch kleineren Magnete von geringerer Intensität abgeleitet werden. Weil es aber solche Irregularitäten mehrere giebt; so meint Biot, die gesammten Erscheinungen liefsen sich am bequemsten von vielen im Erdball zerstreuten Massen natürlicher Magnete von verschiedener Gröfse ableiten. Dieses wird so viel wahrscheinlicher, weil selbst die Nähe grofser Bergketten auf die magnetischen Erscheinungen einen Einflufs hat. Hiernach liefse sich die seltsame Biegung des magnetischen Aequators in der Südsee aus dem Einflusse des dortigen Archipelagus herleiten, welcher als die Spitzen der unter dem Meere befindlichen Bergketten anzusehen wäre. Einen wesentlichen Einflufs auf den Magnetismus müssen hiernach die vulcanischen Actionen und übrigen chemischen Processe im Innern der Erde haben, wodurch die Beschaffenheit des magnetischen Eisens stets verändert wird; wenigstens bemerkte v. Humboldt eine merkliche Veränderung des Magnetismus in Peru nach einem starken Erdbeben. Vergl. J. T. Mayer a. a. O. Hiernach wäre die zunehmende westliche Declination der Magnetnadel in Europa vielleicht eine Folge dieser Veränderung des magnetischen Eisens im Innern der Erde, und es liefse sich nicht behaupten, dafs sie wieder rückgängig werden müfste, nachdem sie zum Stillstande gekommen ist.

Einige Gelehrte, z. B. Chladni und Biot sind geneigt, auch der Sonne, dem Monde und den übrigen Himmelskörpern Magnetismus zuzuschreiben. S. Lampadius Atmosphärologie. Freyb. 1806. p. 48. Den Beweis hierfür finden sie darin, dafs die aus dem Weltraume auf der Erde ankommenden Substanzen vorzüglich aus magnetischen Bestandtheilen, Eisen und Nickel bestehen. S. Biot III. 134 ff.

Ueber das eigentliche Wesen des Magnetismus irgend eine Hypothese aufzustellen ist dem Standpunkte der Wissenschaften in der gegenwärtigen Zeit durchaus nicht angemessen. Für die Materialität eines wirksamen eigenthümlichen Stoffes ist nur ein einziger schwacher Grund

vorhanden, nämlich die Concentrirung des Magnetismus in den Enden der magnetisirten Stäbe. Die früher von Ritter behauptete Identität des Magnetismus und der voltaschen Electricität ist durch eigene und fremde Versuche genugsam widerlegt. S. dessen el. System p. 376. Dagegen Erman bey G. XXVI. 1 u. 121. Hachette bey G. XXIX. 98.

Eben so wenig läſst sich derselbe irgend einer andern wirkenden Potenz gleich setzen, und überhaupt bey der engen Beschränktheit seiner Wirkung durchaus keine Erklärung desselben wagen. Wollte man übrigens bloſs nach schwachen Analogieen haschen, so gehörten des ähnlichen Verhaltens wegen Licht und Wärme, Electricität und Magnetismus wegen einiger Uebereinstimmung des Verhaltens zusammen.

Zur Literatur dienen: Tractatus, sive physiologia nova de magnete, magneticisque corporibus et magno magnete tellure cet. a Guil. Gilberto. Sedini 1633. 4.

Petri v. Musschenbroeck dissert. phys. exper. de magnete in dissert. phys. et geom. P. 1.

L. Euleri opuscula Berol. 1751. 4. vol. III.

Description des courants magnetiques cet. par Bazin. Strasb. 1753. 4. mit 20 K.

van Swinden Tentamina theoriae mathemat. de phaenomenis magneticis Franeq. 4. (sehr gehaltreich).

A. Brugmanni tentamina philos. de Materia magnetica. Franeq. 1765. deutsch von Eschenbach. Leipz. 1784.

Tib. Cavallo Treatise on Magnetism in theory and practice. Lond. 1788. deutsch Leipz. 1788.

Hauy Darstellung der Theorie d. Electr. u. des Magnetismus nach den Grundsätzen d. Aepinus. Altenb. 1801.

P. v. Löwenörn über den Magnet; ein Beytrag zur Erklärung der Abweichung der Magnetnadel. a. d. Dän. von Markussen. Kopenh. 1802.

Tabelle I.

Depressionen des Quecksilbers im Barometer in millim., nach Schleiermacher und Eckhart für a = der Höhe der Chorde des Meniscus und b = dem rad. der Röhre.

a = / b =	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0,5	4,975	8,912	12,560	12,616							
1	1,262	2,450	4,377	5,581	6,098	6,171					
2	0,299	0,595	1,152	1,643	2,037	2,338	2,541	2,658	2,681	2,699	2,712
3	0,121	0,242	0,476	0,695	0,839	1,066	1,206	1,316	1,397	1,449	1,473
4	0,068	0,120	0,240	0,354	0,460	0,546	0,530	0,702	0,758	0,805	0,638
5	0,034	0,069	0,138	0,205	0,247	0,299	0,308	0,390	0,428	0,468	0,476

Tabelle II.


Dichtigkeiten verschiedener Flüſsigkeiten für verschiedene Temperaturen nach Schmidt.


t. R.	Weingeist	Terpent.öl	Baumöl	Lauge 1 Alc. 4 Was.	Salzwasser 1 Salz 4 Was.	dop. Scheidew.	Vitriolöl
10	830,31	—	—	—	—	—	—
15	827,21	888,40	917,70	—	1142,00	1170,20	1893,00
20	822,84	882,25	912,35	—	1138,85	1166,85	1883,85
25	816,40	877,96	907,00	1084,40	1135,80	1161,70	1878,83
30	810,64	872,80	902,55	1082,66	1132,55	1157,25	1871,44
35	804,83	867,40	900,20	1079,00	1129,10	1152,40	1864,00
40	799,38	863,45	896,05	1076,36	1125,35	1148,05	1855,38
45	795,60	856,63	890,80	1073,40	1121,85	1142,10	1849,73
50	—	850,95	886,02	1069,65	1119,15	1135,35	1843,95
55	—	846,10	882,50	1064,60	1115,30	—	1837,80
60	—	—	877,02	1061,35	1110,15	—	1831,65
65	—	—	—	1057,30	1106,50	—	1824,76
70	—	—	—	1052,35	1103,85	—	1819,35
75	—	—	—	—	1097,10	—	1813,35


Tabelle III.

Brechungskraft verschiedener Körper für die farbigen Lichtstrahlen nach Frauenhofer.

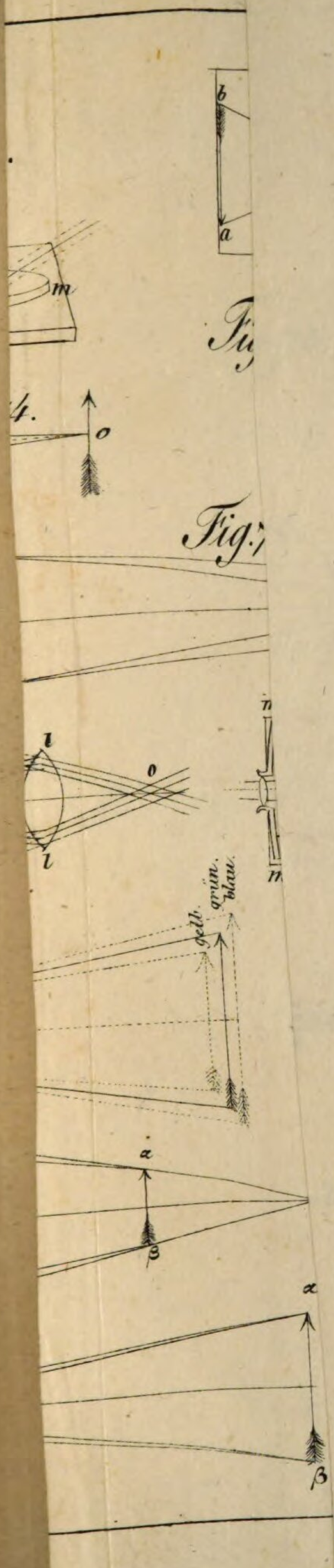
Brechende Substanzen	roth	orange	gelb	grün	hellblau	indigo	violett
Flintglas	1,627749	4,629681	1,635036	1,642024	1,648260	1,660285	1,671062
desgleichen anderes	1,602042	1,603800	1,608494	1,614532	1,620042	1,630772	1,640373
Kronglas	1,525832	1,526849	1,529587	1,533005	1,536052	1,541657	1,546566
Wasser	1,330935	1,331712	1,333577	1,335851	1,337818	1,341293	1,344177
Kali	1,399629	1,400515	1,402805	1,405632	1,408082	1,412579	1,416368
Terpentinöl	1,470496	1,471530	1,474434	1,478353	1,481736	1,488198	1,493874
Kronglas a. Sorte	1,554774	1,555933	1,559075	1,563150	1,566741	1,573535	1,579470


Fig.3
q
k
l
m
n
o
p
b
a
B
β
Fig.8.
v
B
D
C
Fig.13.
c
17.
0
10
20
30
10 0 10 20
10 0 10 20
30 20 10


Fig.
Fig.
a
c


b
c
m
50.
f
o
f
s
Fig
a
c
v
r
f
v
v
r
C
5 13 11 9 7 5 3 o 3 5
14 12 10 8 6 4 o 4 6



b
a
m
o
l
n
gelb.
grün.
blau.
α
β

Taf. V.


Fig.92.
Fig.93.
n
n
o
25 20 15 10 5
Fig.96.
c
α
a f d b
99
m p n
Fig.100.
Fig.98.
b
q
101
1 2 3 4 5 6 7
ig 104
zk w zk w zk w zk w zk w zk w zk

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Muncke, Georg Wilhelm,

Anfangsgründe der Naturlehre zum Gebrauche academischer Vorlesungen systematisch zusammengestellt

Bd.: 1

Heidelberg 1819

Phys.g. 304 m-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131608-7